



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STAVEBNÍ

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

ÚSTAV TECHNICKÝCH ZAŘÍZENÍ BUDOV

INSTITUTE OF BUILDING SERVICES

ENERGETICKÉ HODNOCENÍ ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY

ENERGY EVALUATION OF AN ADMINISTRATIVE BUILDING

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Jan Stadtherr

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Pavel Adam, Ph.D.

BRNO 2018



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	N3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Navazující magisterský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3608T001 Pozemní stavby
Pracoviště	Ústav technických zařízení budov

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Student	Bc. Jan Stadtherr
Název	Energetické hodnocení administrativní budovy
Vedoucí práce	Ing. Pavel Adam, Ph.D.
Datum zadání	31. 3. 2017
Datum odevzdání	12. 1. 2018

V Brně dne 31. 3. 2017

doc. Ing. Jiří Hirš, CSc.
Vedoucí ústavu



prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc., MBA
Děkan Fakulty stavební VUT

PODKLADY A LITERATURA

1. Stavební dokumentace zadané budovy
2. Aktuální legislativa ČR
3. České i zahraniční technické normy
4. Odborná literatura
5. Zdroje na internetu

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Práce bude zpracována v souladu s platnými předpisy (zákony, vyhlášky, normy), pro navrhování technických zařízení a staveb.

Obsah a uspořádání práce bude dle směrnice FAST, tj. následovně:

- a) titulní list;
- b) zadání VŠKP;
- c) abstrakt v českém a anglickém jazyce, klíčová slova v českém a anglickém jazyce;
- d) bibliografická citace VŠKP dle ČSN ISO 690;
- e) prohlášení autora o původnosti práce, podpis autora;
- f) poděkování (nepovinné);
- g) obsah;
- h) úvod;
- i) vlastní text práce, tj.:
 - A. Teoretická část
 - literární rešerše ze zadaného tématu, rozsah 15 až 20 stran; cíle práce; zvolené metody řešení.
 - B. Výpočtová část:
 - průkaz energetické náročnosti budovy dle vyhlášky 78/2013 Sb.;
 - energetický audit budovy dle vyhlášky 480/2012 Sb.
 - C. Aplikace výpočetní techniky:
 - počítačové modelování budovy, a to v následujících počítačových programech:
 - PP umožňující výpočet potřeby tepla na vytápění, dle platných norem, a s měsíčními klimatickými daty;
 - PP umožňující výpočet potřeby tepla na vytápění, dle platných norem, a s hodinovými klimatickými daty;
 - pokročilý PP (např. BSim, Trnsys, apod.), umožňující výpočet potřeby tepla na vytápění, ve kterém je možnost podrobného definování budovy, techn. zařízení budov, a provozu/profilů budovy, a s hodinovými klim. daty;
 - na základě výstupů z výše uvedených PP bude porovnána vypočtená potřeba tepla vytápění a tyto hodnoty budou porovnány s realitou (tj. spotřebami energie za poslední 3 roky), budou formulovány příčiny vypočtených odchylek od reality;
 - výše uvedenými PP, umožňující hodinový výpočet, bude proveden výpočet průběhu vnitřní teploty v letním období, a v místnostech nejvíce náchylných na přehřívání; budou vypočteny faktory PMV, a PPD; pokud to na dané budově bude možné, tak bude porovnáno s realitou; budou navržena vhodná opatření, za účelem eliminace tepelné zátěže v letním období / snížení potřeby chladu na ochlazování budovy;
 - j) závěr (formulace závěrů, a doporučení, pro praxi, získaným výše uvedenými výpočty);
 - k) seznam použitých zdrojů;
 - l) seznam použitých zkratk a symbolů;
 - m) seznam příloh;
 - n) přílohy – výkresy.

STRUKTURA DIPLOMOVÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).
2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).



Ing. Pavel Adam, Ph.D.
Vedoucí diplomové práce

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá energetickým hodnocením administrativních prostor budovy. Teoretická část je věnována legislativnímu podložení energetického hodnocení, tedy zákonům, vyhláškám a technickým normám. Ve výpočtové části diplomové práce je v souladu s aktuálně platnou legislativou zpracován energetický audit budovy a průkaz energetické náročnosti budovy. V závěrečné části práce se věnuji aplikaci výpočetní techniky. Na předmětu energetického auditu je tu provedena analýza numerické spotřeby tepla na vytápění, která je následně porovnána se skutečnou spotřebou.

ABSTRACT

This master's thesis deals with the energy assessment of an administrative building. The theoretical part is devoted to legislation for energy assessment – law, regulations and technical standards. The application of this legislation is provided in the calculation part as energy audit and energy performance certificate of the administrative building. The last part of this thesis is dedicated to application of computational softwares for analysing results of heat consumption in comparison with reality.

KLÍČOVÁ SLOVA

Energetické hodnocení, energetický audit, průkaz energetické náročnosti, administrativní budova, pronájem, ekonomické hodnocení, ekologické hodnocení, úsporná opatření, výpočetní technika, spotřeba tepla

KEY WORDS

Energy assessment, energy audit, administrative building, energy performance certificate, lease, economic assessment, ecological assessment, austerity measures, computing, heat consumption

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

STADTHERR, Jan. *Energetické hodnocení administrativní budovy*. Brno, 2018. 103 s., 30 s. příl. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav technických zařízení budov. Vedoucí práce Ing. Pavel Adam, Ph.D.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne 12. 1. 2018

.....
Bc. Jan Stadtherr

Poděkování

Děkuji Ing. Pavlovi Adamovi, Ph.D. za odborné vedení, připomínky a trpělivost při zpracovávání této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Lukášovi Staňkovi za cenné rady z praxe, ochotu a hlavně obrovskou podporu v průběhu tvorby mé práce.

OBSAH

ÚVOD	11
A. TEORETICKÁ ČÁST	12
A.1 LEGISLATIVA A METODIKA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV	13
A.1.1 ZÁKON Č. 406/2000 Sb. O HOSPODAŘENÍ ENERGIÍ	13
A.1.2 VYHLÁŠKA Č. 480/2012 Sb. O ENERGETICKÉM AUDITU A ENERGETICKÉM POSUDKU	13
A.1.2.1 POVINOST ZPRACOVÁVAT EA	13
A.1.2.2 VELIKOST PODNIKU	14
A.1.2.3 ENERGETICKÝ SPECIALISTA	14
A.1.2.4 OBSAH ENERGETICKÉHO AUDITU	15
A.1.2.5 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU	16
A.1.2.6 VYHODNOCENÍ ÚČINNOSTI UŽITÍ ENERGIE	16
A.1.2.7 VYHODNOCENÍ TEPELNĚ TECHNICKÝCH VLASTNOSTÍ	17
A.1.2.8 VYHODNOCENÍ ÚROVNĚ MANAGMENTU HOSPODAŘENÍ ENERGIÍ	18
A.1.2.9 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	19
A.1.2.10 EKOLOGICKÉ HODNOCENÍ	20
A.2 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI	22
A.2.1 VÝPOČETNÍ PROGRAMY	22
A.2.2 PŘESNOST VÝPOČTU	22
A.2.3 VSTUPY OVLIVŇUJÍCÍ VÝSLEDEK VÝPOČTU	23
A.2.4 POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ	24
A.3 TEPELNÝ KOMFORT	24
A.3.1 PŘEDPOVĚĎ STŘEDNÍHO TEPELNÉHO POCITU	24
A.3.2 PŘEDPOVĚĎ PROCENTUÁLNÍHO PODÍLU NESPOKOJENÝCH	25
B. VÝPOČTOVÁ ČÁST	26
B.1 ÚČEL ZPRACOVÁNÍ	27
B.2 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE	27
B.3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU	28
B.3.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PŘEDMĚTU AUDITU	28
B.3.2 ENERGETICKÉ VSTUPY	30
B.3.3 ENERGETICKÉ VSTUPY – STÁVAJÍCÍ STAV	32
B.3.4 ENERGETICKÉ VSTUPY – VÝCHOZÍ STAV	34
B.3.5 TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI BUDOVY	35
B.3.6 TECHNICKÉ SYSTÉMY BUDOVY	37
B.3.7 VLASTNÍ ZDROJE ENERGIE	38
B.3.8 SYSTÉM MANAGMENTU HOSPODAŘENÍ ENERGIÍ DLE ČSN EN ISO 50001	38
B.4 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU	40
B.4.1 ÚČINNOST UŽITÍ ENERGIE	40
B.4.1.1 ZDROJE TEPLA A CHLADU	40
B.4.1.2 ROZVODY TEPLA A CHLADU	40
B.4.1.3 VÝZNAMNÉ SPOTŘEBIČE	40
B.4.2 TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI	41
B.4.2.1 ZÓNOVÁNÍ BUDOVY	41

B.4.2.2	VYHODNOCENÍ SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA KONSTRUKCÍ NA SYSTÉMOVÉ HRANICI	42
B.4.2.3	VYHODNOCENÍ PRŮMĚRNÉHO SOUČiniteLE PROSTUPU TEPLA U_{EM}	43
B.4.3	CELKOVÁ ENERGETICKÁ BILANCE	44
B.4.3.1	ENERGETICKÁ BILANCE – TABULKOVÉ ZPRACOVÁNÍ	44
B.4.3.2	ENERGETICKÁ BILANCE – GRAFICKÉ ZPRACOVÁNÍ	44
B.4.4	VYHODNOCENÍ ÚROVNĚ SYSTÉMU MANAGMENTU HOSPODAŘENÍ S ENERGIÍ	45
B.4.4.1	HODNOCENÍ SOULADU	45
B.5	NÁVRHY OPATŘENÍ.....	46
B.5.1	ORGANIZAČNÍ OPATŘENÍ.....	46
B.5.1.1	ELEKTRICKÁ ENERGIE	46
B.5.1.2	TEPELNÁ ENERGIE	47
B.5.2	FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA (FVE) 20 kWp NA STŘEŠE BUDOVY	48
B.5.3	INSTALACE TEPELNÉHO ČERPADLA VZDUCH/VODA	52
B.5.3.1	EKOLOGICKÉ HODNOCENÍ	53
B.5.4	KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTRINY A TEPLA (KVET)	54
B.5.4.1	ROČNÍ ÚSPORY ENERGIÍ	56
B.5.4.2	INVESTIČNÍ NÁKLADY	56
B.5.4.3	EKONOMICKÁ BILANCE	57
B.6	POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ	60
B.7	HODNOCENÍ VARIANT REALIZACE	62
B.7.1	VARIANTA 1	62
B.7.1.1	OPATŘENÍ VARIANTY.....	62
B.7.1.2	ZÁKLADNÍ PARAMETRY VARIANTY	62
B.7.1.3	ENERGETICKÁ BILANCE VARIANTY	62
B.7.1.4	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	63
B.7.1.5	EKOLOGICKÉ HODNOCENÍ	64
B.7.1.6	UPRAVENÁ ROČNÍ ENERGETICKÁ BILANCE.....	65
B.7.2	VARIANTA 2	65
B.7.2.1	OPATŘENÍ VARIANTY.....	65
B.7.2.2	ZÁKLADNÍ PARAMETRY VARIANTY	65
B.7.2.3	ENERGETICKÁ BILANCE VARIANTY	66
B.7.2.4	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ.....	66
B.7.2.5	EKOLOGICKÉ HODNOCENÍ	67
B.7.2.6	UPRAVENÁ ROČNÍ ENERGETICKÁ BILANCE.....	68
B.8	VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY.....	68
B.9	DOPORUČENÍ ENERGETICKÉHO SPECIALISTY	70
B.9.1	POPIS OPTIMÁLNÍ VARIANTY	70
B.9.2	ROČNÍ ÚSPORY ENERGIE OPTIMÁLNÍ VARIANTY.....	70
B.9.3	ENERGETICKÁ BILANCE OPTIMÁLNÍ VARIANTY.....	70
B.9.4	UPRAVENÁ ENERGETICKÁ BILANCE PRO OPTIMÁLNÍ VARIANTU	72
B.9.5	EKONOMICKÉ HODNOCENÍ OPTIMÁLNÍ VARIANTY	73
B.9.6	EKOLOGICKÉ HODNOCENÍ OPTIMÁLNÍ VARIANTY	74
B.9.7	NÁVRH VHODNÉ KONCEPCE ENMS	75
B.10	EVIDENČNÍ LIST.....	76
B.11	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV.....	79
C.	APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY.....	79

C.1	POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ	82
C.1.1	METODA MĚSÍČNÍHO KROKU	82
C.1.1.1	VNĚJŠÍ OKRAJOVÉ PODMÍNKY	82
C.1.1.2	VNITŘNÍ OKRAJOVÉ PODMÍNKY	82
C.1.1.3	VÝPOČET METODOU MĚSÍČNÍHO KROKU	85
C.1.1.4	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	86
C.1.2	METODA HODINOVÉHO KROKU	87
C.1.2.1	OKRAJOVÉ PODMÍNKY	87
C.1.2.2	VÝPOČET METODOU HODINOVÉHO KROKU	87
C.1.2.3	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKU	89
C.1.3	PODROBNÁ DYNAMICKÁ METODA	90
C.1.3.1	VIZUALIZACE	90
C.1.3.2	VSTUPNÍ DATA	91
C.1.3.3	PROVOZY	91
C.1.3.4	VÝPOČET METODOU PODROBNÉ DYNAMICKÉ SIMULACE	92
C.1.3.5	VYHODNOCENÍ VÝSLEDKŮ	94
C.1.4	ZÁVĚREČNÉ POROVNÁNÍ METOD	94
C.1.5	STANOVENÍ MÍSTNÍHO KOMFORTU	95
C.1.5.1	PŘEDPOVĚĎ STŘEDNÍHO TEPELNÉHO POCITU	95
C.1.5.2	PŘEDPOVĚĎ PROCENTUÁLNÍHO ZASTOUPENÍ NESPOKOJENÝCH	96
	ZÁVĚR.....	97
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	98
	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN	99
	SEZNAM OBRÁZKŮ, GRAFŮ A TABULEK	102
	SEZNAM PŘÍLOH	105

ÚVOD

Tématem této diplomové práce je energetické hodnocení administrativní budovy a problematika s ním spojená. Zabývám se výkladem současně platných právních předpisů související s danou problematikou. Tato práce si klade za cíl zpracovat energetický audit a průkaz energetické náročnosti budovy dle platných vyhlášek a zákonů.

Práci rozdělím na 3 tematické části, teoretickou, výpočtovou a aplikaci výpočetní techniky.

Teoretická část bude ve formě literární rešerše zadaného tématu. Poukáže na právní předpisy ČR spjaté s energetickou náročností budov. V rámci předpisů se zaměřím na zákon č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů. Dále navážu na vyhlášku č. 480/2012 Sb., o energetickém auditu a energetickém posudku, kde se pokusím uvést rozsah a náplň energetického auditu. Uvedu výpočetní metody pro energetické hodnocení budov a jejich aplikaci ve výpočetní technice.

Výpočtová část bezprostředně naváže na danou tematiku. Bude proveden energetický audit dle zmíněné vyhlášky aplikovaný na konkrétních administrativních prostorech. Budou navržena úsporná opatření pro snížení spotřeb technických systémů budovy. Všechna úsporná opatření budou ekonomicky a ekologicky zhodnoceny, tak jak uvádí vyhláška.

Poslední část mé práce se zaměří na aplikaci výpočetní techniky, kde budou použity počítačové programy umožňující výpočet spotřeby tepla předmětu auditu. Jednotlivé výpočty budou analyzovány a následně porovnány s realitou, tedy se skutečnou spotřebou tepla doloženou z účetních dokladů. Pokusím se formulovat příčiny odchylek od reality.

A. TEORETICKÁ ČÁST

A.1 LEGISLATIVA A METODIKA ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

V této kapitole se budu blíže zabývat vybranými zákony a vyhláškami České republiky týkající se tématu energetického auditu.

A.1.1 ZÁKON Č. 406/2000 Sb. O HOSPODAŘENÍ ENERGIÍ

Tento zákon představuje základní právní předpis, specifikující oblasti v hospodaření energií. Účelem zákona je regulace stále rostoucí spotřeby energie. Cílem je zvýšit energetickou účinnost při výrobě, přepravě, distribuci včetně souvisejících činností. S tím souvisí i zvýšení energetických standardů budov.

Dále zákon stanovuje povinnosti fyzických a právnických osob při nakládání s energií, stanovuje pravidla pro tvorbu Státní energetické koncepce, Územní energetické koncepce a Státního programu na podporu úspor energie a využití obnovitelných a druhotných zdrojů energie. Také stanovuje některá pravidla pro poskytování energetických služeb. [1]

V rámci mé práce a především pak ve výpočtové části se věnuji převážně energetickému auditu. Podíváme-li se do úvodu právního předpisu, zjistíme, že zákon vykládá pojem následovně:

- *Energetickým auditem písemná zpráva obsahující informace o stávající nebo předpokládané úrovni využívání energie v budovách, v energetickém hospodářství, v průmyslovém postupu a energetických službách s popisem a stanovením technicky, ekologicky a ekonomicky efektivních návrhů na zvýšení úspor energie nebo zvýšení energetické účinnosti včetně doporučení k realizaci.*

Energetickým hospodářstvím je dále myšleno, dle zákona č. 406/2000 Sb. §2 odst. 1) písm. d):

- *Energetickým hospodářstvím je soubor technických zařízení a budov sloužících k nakládání s energií.* [1]

Cílem energetického auditu je tedy zhodnotit současný stav budovy a najít tak optimální způsob dosažení energetických úspor, a to z hlediska technického, ekonomického tak i ekologického. Obsahem EA a způsobem jeho zpracování se budu zabývat v následující kapitole.

A.1.2 VYHLÁŠKA Č. 480/2012 Sb. O ENERGETICKÉM AUDITU A ENERGETICKÉM POSUDKU

Vyhláška č. 480/2012 Sb. o energetickém auditu a energetickém posudku (dále jen vyhláška) je právním prováděcím předpisem pro zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií.

A.1.2.1 Povinnost zpracovávat EA

Vyhláška stanovuje povinnost fyzickým nebo právnickým osobám zpracovat energetický audit v případech:

- *je-li hodnota celkové spotřeby energie budovy nebo energetického hospodářství ve výši 35 000 GJ za rok jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství příslušné osoby a týká se pouze jednotlivých budov nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu vyšší než 700 GJ za rok.* [2]

Případy, kdy stanovuje povinnost nechat zpracovávat pro své budovy a energetické hospodářství organizačních složek státu, krajů a obcí jsou následující:

- *hodnota celkové spotřeby energie se stanovuje ve výši 1 500 GJ za rok jako součet za všechny budovy a energetická hospodářství příslušné organizační složky nebo příspěvkové organizace a týká se pouze jednotlivých budov nebo jednotlivých energetických hospodářství, které mají spotřebu energie vyšší než 700 GJ za rok.*

Dále upravuje zákon č. 406/2000 Sb., povinnost nechat zpracovat EA velkým podnikatelům na budovy nebo energetická hospodářství jím vlastněné či **užívané**. Vyjimka, kdy není povinen nechat zpracovávat EA je v případě zavedení akreditované osoby certifikovanou systémem hospodaření s energií podle české harmonizované normy, tak jak stojí v příslušném zákonu §9 odst. 2). [1]

A.1.2.2 Velikost podniku

Základním kritériem pro posouzení velikosti podnikatele je počet zaměstnanců, velikost ročního obratu a bilanční suma roční rozvahy. Údaje, které se mají použít pro stanovení počtu zaměstnanců a finančního obratu, jsou údaje vztahující se k poslednímu uzavřenému zdaňovacímu období.

- ***Za drobného, malého a středního podnikatele se považuje podnikatel, který zaměstnává méně než 250 zaměstnanců a jeho roční obrat nepřesahuje 50 milionů EUR nebo jeho bilanční suma roční rozvahy nepřesahuje 43 milionů EUR.***
- ***V rámci kategorie malých a středních podniků jsou **malé podniky** vymezeny jako podniky, které zaměstnávají méně než 50 osob a jejichž roční obrat nebo bilanční suma roční rozvahy nepřesahuje 10 milionů EUR.*** [3]

A.1.2.3 Energetický specialista

V předchozích kapitolách jsme se dozvěděli o povinnostech fyzických a právnických osob nechat zpracovávat EA pro své budovy a energetické hospodářství. Otázkou však zůstává, kdo je oprávněn tuto činnost vykonávat. V zákoně je pojednání o energetickém specialistovi, tedy fyzické osobě, která je držitelem oprávnění uděleným ministerstvem průmyslu a obchodu (MPO). Dle oprávnění je osoba schopná vykonávat tuto činnost:

- ***zpracovávat energetický audit a energetický posudek***
- ***zpracovávat průkaz energetické náročnosti budov***
- ***provádět kontroly provozovaných kotlů a rozvodů tepelné energie, nebo***
- ***provádět kontroly klimatizačních systémů.*** [1]

Podmínky udělení oprávnění lze najít v téže zákoně, §2 odst. 2). Obsahem a rozsahem odborné zkoušky se zabývá vyhláška č. 118/2013 Sb. o energetických specialistech.

A.1.2.4 Obsah energetického auditu

Energetický audit, jak jsme se již dozvěděli, je legislativně ukotvený dokument a proto dle vyhlášky musí EA obsahovat:

- *titulní list;*
- *identifikační údaje;*
- *popis stávajícího stavu předmětu energetického auditu;*
- *vyhodnocení stávajícího stavu předmětu energetického auditu;*
- *návrhy opatření ke zvýšení účinnosti užití energie;*
- *varianty z návrhu jednotlivých opatření;*
- *výběr optimální varianty;*
- *doporučení energetického specialisty oprávněného zpracovat energetický audit;*
- *evidenční list energetického auditu;*
- *kopii dokladu o vydání oprávnění osoby pro vykonávání této činnosti. [2]*

Jedná se tedy o nejkomplexnější zhodnocení budovy z hlediska všech dodaných energií. EA vychází z reálných spotřeb, tedy z energetických vstupů za předcházející 3 roky, včetně průměrných hodnot, které se získají z účetních dokladů. Vzor tabulkového zpracování je uveden v příloze dotčené vyhlášky.

Pro rok: před realizací projektu					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh				
Teplo	GJ				
Zemní plyn	MWh				
Jiné plyny	MWh				
Hnědé uhlí	t				
Cemé uhlí	t				
Koks	t				
Jiná pevná paliva	t				
TTO	t				
LTO	t				
Nafta	t				
Druhotné zdroje	GJ				
Obnovitelné zdroje	GJ/MWh				
Jiná paliva	GJ				
Celkem vstupy paliv a energie					
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)					
Celkem spotřeba paliv a energie					

Tabulka 1: Soupis údajů o energetických vstupech [2]

A.1.2.5 Vyhodnocení stávajícího stavu

Kromě zpracování energetického vstupu paliv je také nutný popis a vyhodnocení stávajícího stavu, tedy situaci ve které se současná budova nebo energetické hospodářství nachází. Vyhodnocení obsahuje:

- Vyhodnocení účinnosti užití energie
 - Ve zdrojích
 - V rozvodech tepla a chladu
 - Ve významných spotřebičích energie
- Vyhodnocení tepelně technických vlastností stavebních konstrukcí budov,
- Vyhodnocení úrovně systému managementu hospodaření s energií a
- Celkovou energetickou bilanci, jejíž tabulkové zpracování je uvedeno v příloze vyhlášky [2]

A.1.2.6 Vyhodnocení účinnosti užití energie

Požadavek na minimální účinnost užití energie při výrobě **tepelné energie** stanovuje vyhláška 441/2012 sb. Vyhláška stanoví účinnost pro výstavbu nové výrobní elektřiny nebo tepla, u které se provádí změna dokončené stavby, podle § 6 odst. 1 zákona o hospodaření energií. Pro stávající výrobní bez prováděných změn jsou požadavky informativní. [4]

Účinnost výroby tepelné energie η_v ve všech typech kotlů se všemi druhy paliv se stanoví jako poměr tepelné energie vyrobené v kotli Q_v [GJ] a energie paliva spáleného v kotli Q_{pal} [GJ] za stejnou dobu vyádřený:

$$\eta_v = \frac{Q_v \times 100}{Q_{pal}} = \frac{Q_v \times 100}{M_{pal} \times Q_{i^r}} [\%]$$

Tepelná energie vyrobená v kotli Q_v se stanoví pro teplovodní a horkovodní kotle:

$$Q_v = \frac{M_v \times (i_{vy} - i_{vs})}{1000} [GJ]$$

kde:

$M_v [t]$	množství oběhové vody proteklé kotlem
$i_{vy} [kJ/kg]$	průměrná roční nebo měsíční entalpie horké nebo teplé vody na výstupu z kotle
$i_{vs} [kJ/kg]$	průměrná roční nebo měsíční entalpie horké nebo teplé vody na vstupu do kotle
$M_{pal} [t, tis.m^3]$	množství spáleného paliva
$Q_{i^r} [MJ/kg, MJ/m^3]$	výhřevnost paliva [4]

Chladicí faktor **zdroje chladu** s kompresorovým parním oběhem je definován jako poměr chladicího výkonu Q_N ku elektrickému příkonu zdroje P_N . Pro takto definovaný výkonový koeficient se nyní u zdrojů chladu používá zkratka **EER** (Energy Efficiency Ratio). [5]

$$EER = \frac{Q_N}{P_N} [-]$$

V případě kompaktního zdroje se vzduchem chlazeným kondenzátorem jsou součástí zdroje i ventilátory pro odvod kondenzačního tepla. Je-li jejich příkon zahrnut do příkonu zdroje chladu je to třeba zohlednit v chladicím faktoru zdroje. Již několik let se provádí klasifikace výrobků podle certifikačního programu Eurovent. Ten platí pro vzduchem chlazené zdroje chladné vody do výkonu 600 kW a vodou chlazené zdroje do výkonu 1 500 kW. Posuzuje se chladicí faktor kompaktní jednotky pro přípravu chladné vody s kompresorovým oběhem a interními nebo externími kondenzátory. EER je definován jako poměr získaného chladu k příkonu jednotky, do kterého se nezahrnuje spotřeba externích oběhových čerpadel a ostatních externích zařízení (např. regulace). [6]

Třída EER	Vzduchem chlazené kondenzátory	Vodou chlazené kondenzátory	Výparníková jednotka s ext. kondenzátorem
A	≥ 3,1	≥ 5,05	≥ 3,55
B	2,9 - 3,1	4,65 - 5,05	3,4 - 3,55
C	2,7 - 2,9	4,25 - 4,65	3,25 - 3,4
D	2,5 - 2,7	3,85 - 4,25	3,1 - 3,25
E	2,3 - 2,5	3,45 - 3,85	2,95 - 3,1
F	2,1 - 2,3	3,05 - 3,45	2,8 - 2,95
G	≤ 2,1	≤ 3,05	≤ 2,8

Tabulka 2: Energetická klasifikace zdrojů chladu dle programu Eurovent [6]

A.1.2.7 Vyhodnocení tepelně technických vlastností

Pro hodnocení tepelně technických vlastností budovy je nezbytné určit konstrukce, které leží na tzv. systémové hranici.

Systémová hranice se uvažuje v souladu s ČSN EN ISO 13789: 2009 a ČSN 73 0540-2:2011 jako hranice vytápěného (chlazeného) prostoru určená z vnějších rozměrů. Hranici tvoří vnější povrchy konstrukcí, které oddělují posuzovaný vytápěný (chlazený) prostor od venkovního prostředí, přilehlé zeminy nebo sousedních vytápěných zón nebo nevytápěných prostorů. Konstrukce, které leží na hranici tohoto prostoru, se nazývají hraniční nebo také ochlazované. [7]

Konstrukce na systémové hranici jsou rozhodující pro stanovení spotřeby tepla na vytápění protože mají významnou roli ve výpočtu tepelných ztrát. Jejich tepelně technické vlastnosti jsou posuzovány dle ČSN 73 0540-2 a rozhodujícím parametrem je součinitel prostupu tepla – U [$W/m^2.K$]. Tato vlastnost hodnotí šíření tepla prostupem konstrukce. Výpočetní vztah je uveden v ČSN EN ISO 6946: 2008. [8]

$$U = \frac{1}{R_{si} + R + R_{se}} = \frac{1}{R_T}$$

- kde R tepelný odpor konstrukce resp. součet tepelných odporů vrstev konstrukce ve $m^2.K/W$;
 R_{si} odpor při přestupu tepla na vnitřní straně konstrukce v $m^2.K/W$;
 R_{se} odpor při přestupu tepla na vnější straně konstrukce v $m^2.K/W$.

Parametr průměrný součinitel prostupu tepla charakterizuje obálku budovy příp. zóny jako celek – tedy všechny konstrukce na tzv. systémové hranici. Parametr zahrnuje i vliv tepelných vazeb. Výpočet průměrného součinitele prostupu tepla je v kap. 5.3 ČSN 73 0540: 2011. Závazné legislativní požadavky na průměrný součinitel prostupu tepla jsou uvedeny ve vyhl. č. 78/2013 Sb. [9]

Průměrný součinitel prostupu tepla hodnocené budovy (zóny) se vypočte ze vztahu:

$$U_{em} = \frac{H_T}{A} = \frac{(\sum U_j \cdot A_j \cdot b_j)}{A} + \Delta U_{tb}$$

- kde H_T je měrná ztráta prostupem tepla stanovená pro budovu nebo zónu ve W/K ;
 A celková plocha ochlazovaných konstrukcí ohraničujících objem budovy nebo zónu.
 U_j součinitel prostupu tepla j-té konstrukce, ve $W/(m^2.K)$, který zahrnuje vliv tepelných mostů v konstrukci;
 A_j plocha j-té konstrukce, v m^2 ;
 b_j činitel teplotní redukce, tj. poměr teplotního rozdílu mezi vnitřním a venkovním prostředím přilehlých ke konstrukci k základnímu teplotnímu rozdílu, v m^2 ;
 ΔU_{tb} průměrný vliv tepelných vazeb mezi ochlazovanými konstrukcemi na systémové hranici budovy, ve $W/m^2.K$;

A.1.2.8 Vyhodnocení úrovně managementu hospodaření energií

Kapitola hodnotí, zda má organizace vytvořeny systémy a procesy nezbytné pro snižování energetické náročnosti. Hodnocení probíhá na základě srovnání s požadavky uvedenými v normě ČSN EN ISO 50001 – Systémy managementu hospodaření s energií (EnMS).

Norma nestanovuje absolutní požadavky s ohledem na snižování energetické náročnosti organizace. Proto mohou být v souladu s touto normou dvě organizace provádějící stejné činnosti, avšak s různou energetickou náročností.

A.1.2.9 Ekonomické hodnocení

Metoda pro ekonomické hodnocení v energetickém auditu je striktně dána zákonem č. 406/2000 Sb.

Níže uvedené vztahy jsou v Příloze č. 5 k vyhl. č. 480/2012 Sb. Viz. základní parametry:

- čistá současná hodnota NPV (z anglického *Net Present Value*);
- vnitřní výnosové procento IRR (z anglického *Internal Rate of Return*).
- reálná doba návratnosti;

Čistá současná hodnota (NPV) je rovna

$$NPV = \sum_{t=1}^{Tz} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN$$

Vnitřní výnosové procento (IRR) se vypočte z podmínky

$$\sum_{t=1}^{Tz} CF_t \cdot (1+IRR)^{-t} - IN = 0$$

Reálná doba návratnosti při uvažování diskontní sazby Tsd se vypočte z podmínky

$$\sum_{t=1}^{Tsd} CF_t \cdot (1+r)^{-t} - IN = 0$$

Pomocným kritériem může být **Prostá doba návratnosti** nebo doba splacení investice, z podmínky

$$T_s = \frac{IN}{CF}$$

Legenda:

T_z	doba životnosti (hodnocení) projektu.
IN	jsou investiční výdaje projektu
CF	roční přínosy projektu (cash-flow, změna peněžních toků).
CF_t	roční přínosy projektu
r	diskont
$(1+r)^{-t}$	odúročitel

A.1.2.10 Ekologické hodnocení

Metoda má přesah mimo zák. č. 406/2000 Sb. zejména do **zák. č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší** a jeho prováděcích předpisů.

Dále jsou v rámci ekologického hodnocení zohledněny požadavky dotačních titulů, jejichž cílem je snížení emisí, a které požadují hodnocení nad rámec vyhláškou stanoveného rozsahu pro energetický audit.

Znečišťující látky

Vyhláška č. 480/2012 Sb. v Příloze č. 6 uvádí rozsah a způsob hodnocení navrhovaných opatření z hlediska dopadu na životní prostředí. Množství emisí znečišťujících látek E_z (TZL, SO₂, NO_x, NH₃, VOC) se vypočte jako součin měrné výrobní emise a příslušné vztažné veličiny za rok, ze vztahu [2]:

$$E_z = E_f \cdot M$$

kde E_f je emisní faktor
 M je množství jednotek, na které je emisní faktor vztažen (vztažná veličina emisního faktoru – například hmotnost spáleného paliva, hmotnost vstupní suroviny, počet jednotek produkce atd.).

Vyhláška připouští několik variant výpočtu množství znečišťujících látek, resp. využití emisních faktorů:

- *Měrná výrobní emise se použije z protokolu o jednorázovém měření emisí provedeném autorizovanou osobou podle jiného právního předpisu, ne starším než 3 roky.*
- *Nejsou-li dostupné údaje o měrných výrobních emisích, stanoví se množství emisí jako součin aktuálního emisního faktoru zveřejněného pro odpovídající skupinu stacionárních zdrojů ve Věstníku Ministerstva životního prostředí a počtu jednotek příslušné vztažné veličiny za rok.*
- *Není-li pro některou znečišťující látku dostupný ani emisní faktor, emise se pro danou znečišťující látku nepočítá.*
- *Pokud je hlavním zdrojem energie pro vytápění elektrická energie, určí se množství emisí znečišťujících látek z celkové spotřeby a hodnot uvedených v následující tabulce [2]:*

ELEKTRINA	[kg/MWh]	[t/MWh]
NH3	0,00000	0,000000
VOC	0,00249	0,000002
CO	0,08621	0,000086
NOx	0,56764	0,000568
SO2	0,84124	0,000841
Tuhé látky	0,03680	0,000037
PM2,5	0,02208	0,000022

Tabulka 3: Množství znečišťujících látek [2]

Výpočet emisí oxidu uhličitého

Emisní faktory uhlíku uvádí množství uhlíku, respektive oxidu uhličitého připadajícího na jednotku energie ve spalovaném palivu. Emisní faktory uhlíku jsou definovány buď jako všeobecné nebo místně specifické. [2]

Všeobecné emisní faktory oxidu uhličitého (CO₂)

Palivo nebo energie		kg/ GJ	t CO ₂ / MWh výhř.
pevná paliva	černé uhlí tříděné	92,4	0,33264
	hnědé uhlí tříděné	99,1	0,35676
	jiné pevné palivo	94,1	0,33876
	koks	107	0,3852
	proplástek	94,1	0,33876
kapalná paliva	těžký topný olej (s obsahem síry do 1 % hm. v č.) - nízkosírný	77,4	0,27864
	jiná kapalná paliva	76,6	0,27576
	TOEL	73,3	0,26388
	benzín	69,2	0,24912
	plynový olej (s obsahem síry do 0,1 % hm. vč.)	73,3	0,26388
plynná paliva	zemní plyn	55,4	0,19944
	koksárenský plyn	44,4	0,15984
	propan-butan	65,9	0,23724
	vysokopecní plyn	240,6	0,86616
	jiné plynné palivo	54,7	0,19692
elektřina	elektřina	281	1,0116
biomasa		0	0

Tabulka 4: Emisní faktory oxidu uhličitého [2]

Místně specifické emisní faktory oxidu uhličitého

Výpočet emisí CO₂ ze spalování fosilních paliv se provede podle vzorce:

(hmotnost paliva) x (výhřevnost paliva) x (emisní faktor uhlíku) x (1 - nedopal) [2]

kde:

- emisní faktor uhlíku (kg CO₂/GJ výhřevnosti paliva) je stanovený na základě složení místního paliva, které je používáno pro zabezpečení energetických potřeb konkrétního návrhu,
- doporučené hodnoty pro nedopal jsou 0,02 pro tuhá paliva (kamna 0,05), 0,01 pro kapalná paliva a 0,005 pro plynná paliva. [2]

A.2 VÝPOČET ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI

Ve své práci se dále zabývám metodami umožňující výpočet energetické náročnosti. Jak jsem již výše zmínil, energetický audit vychází ze skutečných spotřeb budovy nebo energetického hospodářství. Dává nám tedy skutečné údaje o stavu.

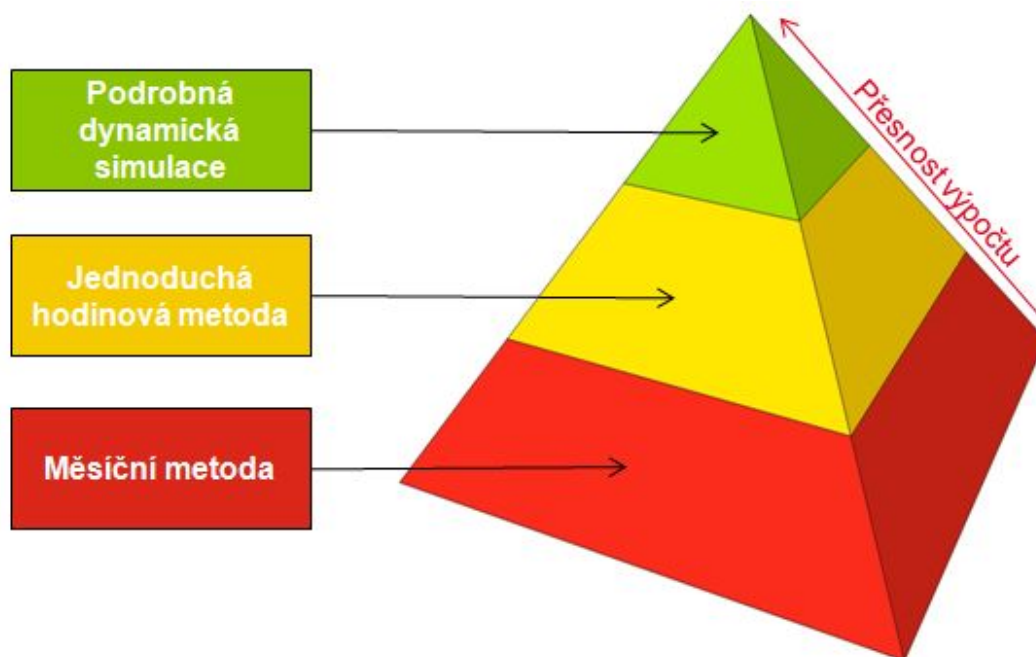
V případě absence účetních dokladů například u novostavby, kdy nás zajímá do jaké výše bude dosahovat energetická náročnost, ve smyslu její náročnosti na spotřebu energií, je možné využít některých z výpočetních programů. V současné době se na trhu pohybuje již několik výpočetních softwarů (SW) umožňujících vyhodnocení celkové dodané energie a tak samo i její spotřebu. Z důvodu rozsáhlosti výpočetního postupu a provázaností jeho jednotlivých částí je nezbytná odbornost a znalost v dané tématice. [10]

A.2.1 VÝPOČETNÍ PROGRAMY

Mezi prvními výpočetními nástroji byl v České republice využíván NKN – Národní kalkulační nástroj, který byl vytvořen jako pomůcka pro výpočet energetické náročnosti budov ve smyslu zpracování průkazu energetické náročnosti budov. Na něj navázaly svou činností další programy, např. **Energie** od společnosti Svoboda Software, společnost **Protech, s. r. o.** se svým modulem ENB, **DEKSOFT** s modulem Energetika od společnosti DEK a.s., **Design Builder** využívající modul EnergyPlus a mnoho dalších. [10]

A.2.2 PŘESNOST VÝPOČTU

Přesnost výpočtu a tedy korektnost výsledků je ovlivněna nejen vstupními hodnotami, které mají při nesprávném uvážení často zásadní dopad na jednotlivých výsledcích, ale i samotná metoda výpočtu hraje obrovskou roli. Metody výpočtu jsou zobrazeny na obrázku níže:



Obrázek 1: Přesnost výpočtu dle zvolené metody [11]

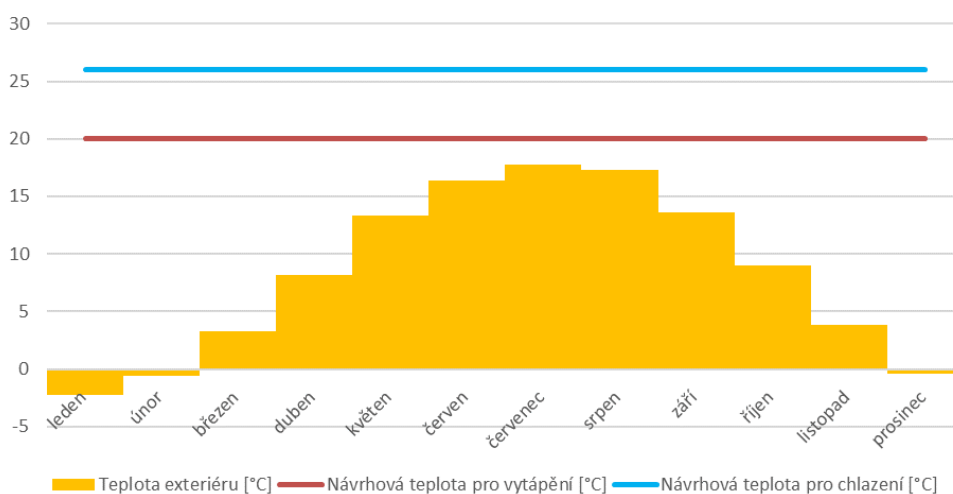
Pokud se dožadujeme přesných a nejvíc odpovídajících výsledků, tak je logické, že i výpočetní algoritmus bude požadovat mnohem více přesnějších vstupních hodnot. Ne však vždy je nutností domáhat se výsledků z podrobné dynamické simulace. Vše záleží na dané situaci a účelu výpočtu.

A.2.3 VSTUPY OVLIVŇUJÍCÍ VÝSLEDEK VÝPOČTU

Chceme-li dosáhnout užitím výpočetních softwarů stejných nebo velmi podobných výsledků, jako máme na fakturách spotřeb, je nutné zadat stejné vstupní parametry a vlivy, které platily po dobu užívání budovy, pokud hodnotíme stávající objekt. Vstupní parametry se obecně mohou dělit na dvě skupiny a to na vnější okrajové podmínky a vnitřní okrajové podmínky.

Vnější okrajové podmínky, jako intenzita slunečního svitu a jeho doba, venkovní teplota, síla větru apod. jsou velmi náchylné na chybu. Jen málo kdy máme plně zmapovaný celý rok, nejlépe hodinu po hodině a to v dané lokalitě. Stejně tak tomu je u vnitřních okrajových podmínek, kde nám významnou roli ve spotřebě za vytápění hraje interiérová teplota. Stím jsou úzce spojené vnitřní zisky, jak od osob tak od spotřebičů, významnou složku představují solární zisky oken, je potřeba brát na zřetel nejen stínění samotných oken pomocí protislunečných prvků ale i okolní zástavbou.

Důležité je si uvědomit, jakou metodou k výpočtu přistupujeme. Měsíční metoda používá k výpočtu tepelných ztrát a tedy i ke spotřebě energie na vytápění průměrné exteriérové teploty v měsíci. Dle měsíčních klimadat, které udává TNI 73 0331, nepřesahuje průměrná venkovní teplota během letních měsíců 18°C. Pokud budeme uvažovat nulové vnitřní zisky, bude software počítat s tepelnou ztrátou a tedy i se spotřebou na vytápění během letního období. Potřeba vytápět během letního období je však nelogická. Podobně to funguje i u chlazení. Zadáme-li vnitřní návrhovou teplotu pro režim chlazení 26 °C, jak je běžná praxe, a budou stále nulové vnitřní zisky, vyjde nám nulová spotřeba pro chlazení. Skutečnost, že budeme mít nulové vnitřní zisky je ovšem nepravděpodobná.



Graf 1: Průměrná měsíční venkovní teplota

A.2.4 POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ

Jak jsem již dříve zmínil, v oblasti výpočetní techniky je mnoho nástrojů pro vyhodnocení energetické náročnosti. Ve své práci se později zaměřím na její užití na konkrétní administrativní budově, respektive na její části pro zjištění spotřeby tepla a následné srovnání s realitou, tedy se skutečným stavem podloženým z účetních dokladů. Vybral jsem následující software:

- *Energie 2017 – umožňující měsíční metodu*
- *DEKSOFT, modul Energetika – umožňující hodinový krok*
- *Design Builder – umožňující podrobnou dynamickou simulaci*

A.3 Tepelný komfort

Tepelný komfort neboli tepelná rovnováha člověka závisí na tělesné činnosti, oděvu a momentálních vnitřních podmínkách v dané místnosti. Významnou složku vnitřních podmínek jsou teplota vzduchu, střední radiační teplota, rychlost proudění a vlhkost vzduchu. Pokud změříme nebo odhadneme tyto faktory, můžeme předpovědět tepelný pocit lidského těla. [12]

A.3.1 PŘEDPOVĚĎ STŘEDNÍHO TEPELNÉHO POCITU

Pro tento ukazatel se používá anglická zkratka PMV (predicted mean vote) a vyjadřuje na základě sedmi bodové stupnice tepelný pocit člověka. PMV faktor je možné vypočítat pomocí následujících čtyř rovnic:

$$PMV = [0,303 \times \exp(-0,036 \times M) + 0,028] \times$$

$$\left[\begin{aligned} &(M - W) - 3,05 \times 10^{-3} [5733 - 6,99(M - W) - \rho_a] - 0,42[(M - W) - 58,15] \\ &- 1,7 \times 10^{-5} M(5867 - \rho_a) - 0,0014M(34 - t_a) \\ &- 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] - f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \end{aligned} \right]$$

$$t_{cl} = 35,7 - 0,028(M - W) - l_{cl} \{ 3,96 \times 10^{-8} f_{cl} [(t_{cl} + 273)^4 - (t_r + 273)^4] + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \}$$

$$h_c = \begin{cases} 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} & \text{pro } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} > 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \\ 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} & \text{pro } 2,38 \cdot |t_{cl} - t_a|^{0,25} < 12,1 \cdot \sqrt{v_{ar}} \end{cases}$$

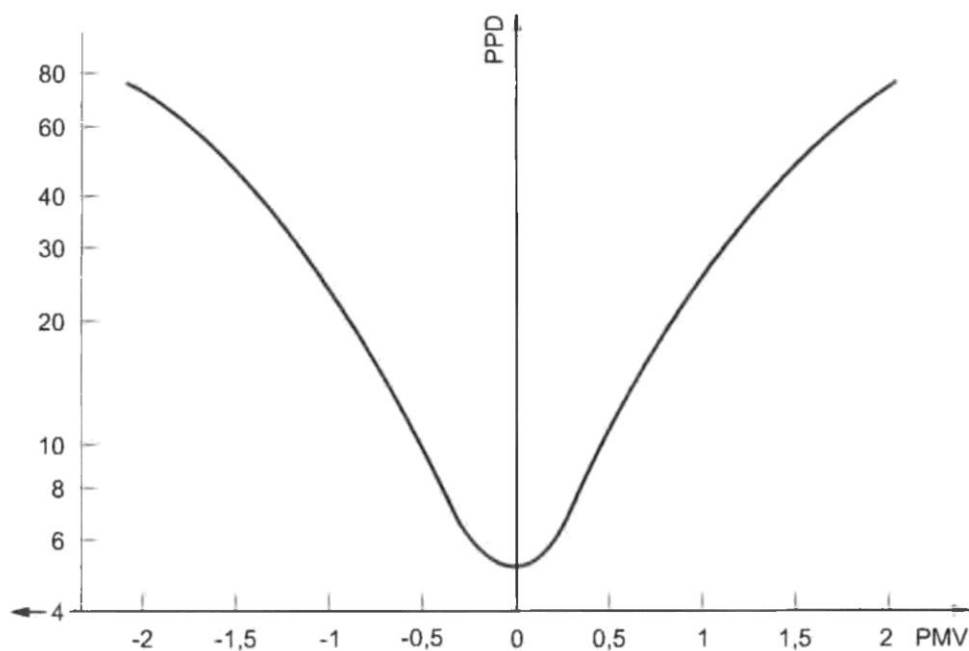
$$f_{cl} = f_{cl} = \begin{cases} 1,00 + 1,290 l_{cl} & \text{pro } l_{cl} \leq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \\ 1,05 + 0,645 l_{cl} & \text{pro } l_{cl} \geq 0,078 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W} \end{cases}$$

kde M	metabolizmus ve watech na metr čtvereční (W/m^2)
W	užitečný mechanický výkon ve watech na metr čtvereční (W/m^2)
l_{cl}	tepelný odpor oděvu v metrech čtverečních a kelvinech na watt ($\text{m}^2 \cdot \text{K}/\text{W}$)
f_{cl}	povrchový faktor oděvu
t_a	teplota vzduchu ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$)
t_r	střední radiační teplota ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$)
v_{ar}	relativní rychlost proudění vzduchu v metrech za sekundu (m/s)
ρ_a	parciální tlak vodní páry v paskalech (Pa)
h_c	součinitel přestupu tepla konvekce ve watech na metr čtvereční a kelvin [$\text{W}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$]
t_{cl}	teplota povrchu oděvu ve stupních Celsia ($^{\circ}\text{C}$)

A.3.2 PŘEDPOVĚĎ PROCENTUÁLNÍHO PODÍLU NESPOKOJENÝCH

Předpověď procentuálního zastoupení nespokojených vychází z velké skupiny lidí, kteří volili na sedmibodové stupnici PMV faktoru jako příliš teplé nebo příliš chladné prostředí. Je-li určená hodnota PMV tak se předpověď vypočítá pomocí následující rovnice:

$$\text{PPD} = 100 - 95 \cdot \exp(-0,03353 \cdot \text{PMV}^4 - 0,2179 \cdot \text{PMV}^2)$$



Graf 2: PPD jako funkce PMV [12]

Legenda

PMV	předpověď středního tepelného pocitu
PPD	předpověď procentuálního podílu nespokojených, %

B. VÝPOČTOVÁ ČÁST

B.1 ÚČEL ZPRACOVÁNÍ

Účelem energetického auditu (EA) je zhodnocení stávajícího stavu a navržení možných úsporných opatření, která by bylo možné aplikovat v předmětu auditu pro dosažení úspor energie a nákladů. Tato opatření budou sdružena do možných variant, z nichž bude vybrána doporučená varianta. Doporučená varianta není pro společnost závazná. Společnost je pouze **uživatelem** předmětu auditu a povinnost nechat zpracovat EA vyplývá ze zákona č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií.

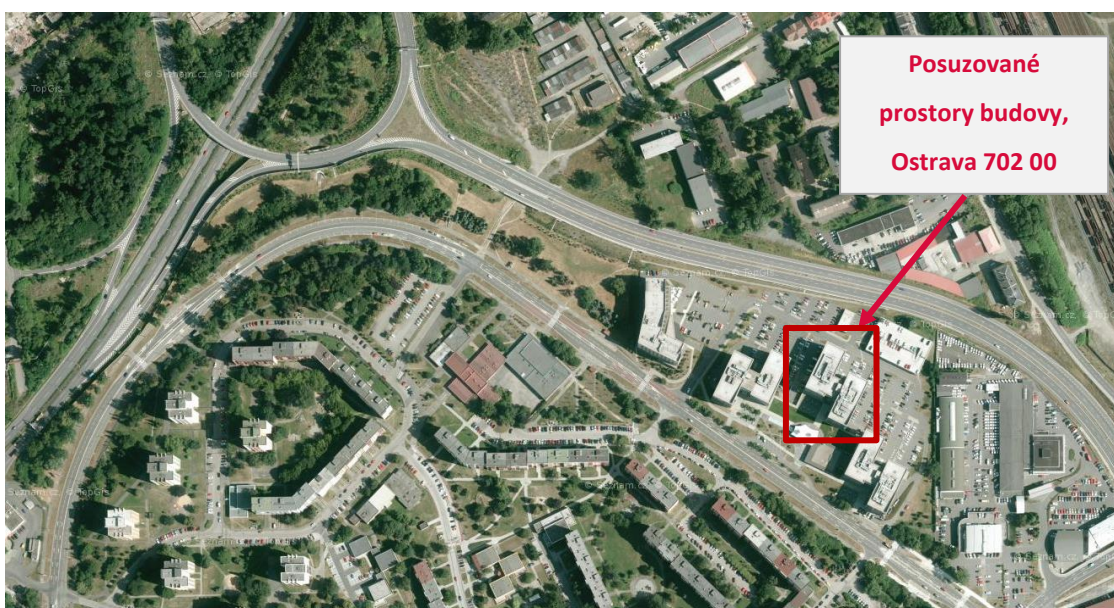
B.2 IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE

Předmětem EA jsou administrativní prostory společnosti, která si přeje zůstat v anonymitě. Vybrané prostory jsou pronajímány cizím subjektem. Energie jsou účtovány na základě buď podružných měření nebo užívané plochy.

Vlastník budovy	
Název / obchodní firma:	Na přání vlastníka zůstává v anonymitě
Sídlo / adresa:	Na přání vlastníka zůstává v anonymitě
Kontaktní osoba:	Na přání vlastníka zůstává v anonymitě
Telefon / e-mail	Na přání vlastníka zůstává v anonymitě
Uživatel auditovaných prostorů	
Název / obchodní firma:	Na přání uživatele zůstává v anonymitě
Sídlo / adresa:	Na přání uživatele zůstává v anonymitě
Kontaktní osoba:	Na přání uživatele zůstává v anonymitě
Telefon / e-mail	Na přání uživatele zůstává v anonymitě
Lokalizace budovy	
Adresa:	Hornopolská 3314/38
Obec:	Ostrava
Katastrální území:	713520
Parcelní číslo pozemku:	2179/55

Tabulka 5: Identifikační údaje energetického auditu

Lokalizace:



Obrázek 2: Lokalizace předmětu auditu [13]

B.3 POPIS STÁVAJÍCÍHO STAVU

Stav energetického hospodářství v době zpracování auditu zachycuje historické spotřeby energií za předchozí 3 roky z doložených účetních dokladů. Popisuje stávající provoz budovy, zařízení a jejich stav tak, jak byl zjištěn při prohlídce a seznámení se s energetickým hospodářstvím.

B.3.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE O PŘEDMĚTU AUDITU

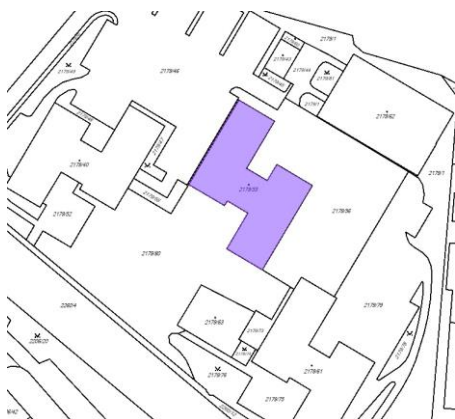
Předmětem EA jsou administrativní prostory, **pronajímané** cizím subjektem. Posuzovaný subjekt je tedy pouze **užívá**, nikoli vlastní. Hlavní činnosti uživatele předmětu auditu nesmí být zmíněna, z důvodu dodržení anonymity.

Objekt, ve kterém se prostory nachází je půdorysně ve tvaru posunutého písmene H. Kde západní křídlo nese označení A, východní B. Budova je řešena jako ŽB sloupový skelet, se dvěma ztužujícími jádry, které slouží ke komunikaci a přístupu do jednotlivých pater. Samotná podlaží jsou dispozičně řešena individuálně a prostory jsou přehrazeny lehkými příčkami ze sádkartonu.

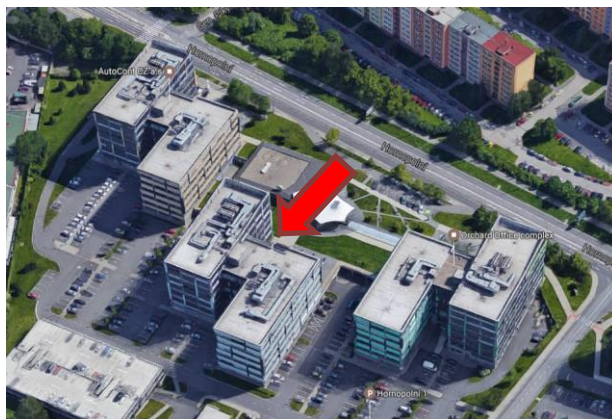
V hodnocených prostorách jde hlavně o administrativní činnost, jako vyřizování objednávek a zákaznická podpora. V současné době bývá na směně přibližně 350 – 420 lidí. Přítomnost osob a využití prostorů je obvykle Po – Pá, od 6:00 do 20:00. Večer a o víkendech je provoz minimální.

Předmět auditu se nachází na celkem třech nadzemních podlažích. Jedná se o podlaží 3.NP až 5.NP. V průběhu let společnost předmětu auditu upravovala smluvní podmínky s vlastníkem budovy a tak se měnila i pronajímaná plocha.

Situační plán:



Obrázek 3: Situační plán [14]



Obrázek 4: Letecký pohled [13]

Fotodokumentace:



Obrázek 5: Uliční pohled na budovu [15]

B.3.2 ENERGETICKÉ VSTUPY

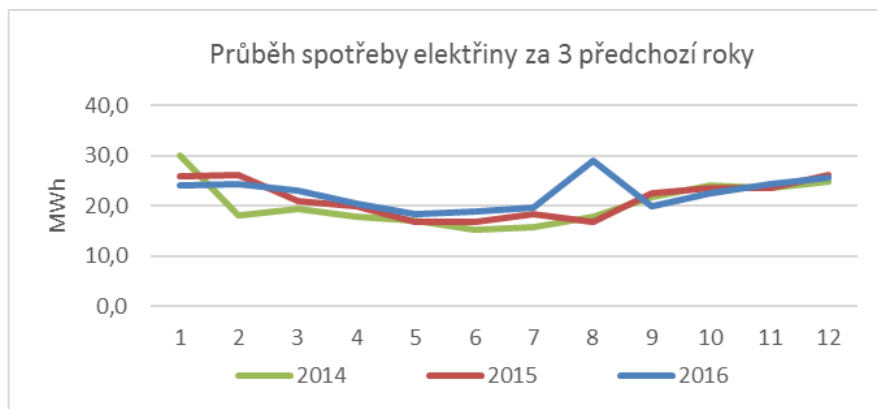
Elektrická energie

Elektrická energie (EE) je přefakturována pronajímatelem budovy. V současné době je účtována na základě dvaceti podružných měřičů. Měřená je pouze spotřeba pro osvětlení a kancelářskou techniku. Energie spotřebovaná pro chlazení a větrání je zahrnuta ve službách.

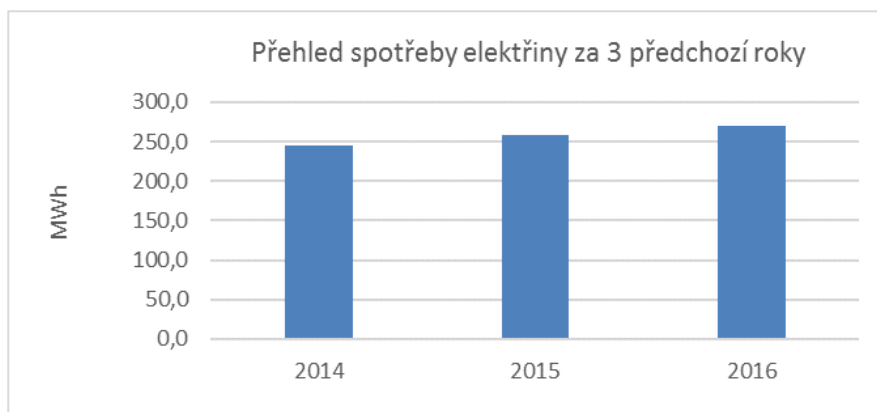
V tabulce a grafech níže, můžeme vidět detailní průběh spotřeby odběrných míst.

Rok	2014	2015	2016
Období	[MWh]	[MWh]	[MWh]
1	30,1	25,8	24,2
2	18,2	26,2	24,3
3	19,3	20,9	23,1
4	17,8	19,9	20,3
5	17,1	16,9	18,2
6	15,2	16,8	18,9
7	15,8	18,4	19,5
8	17,7	16,9	29,0
9	21,8	22,5	19,9
10	24,2	23,5	22,5
11	23,4	23,7	24,3
12	25,0	26,1	25,6
Celkem	245,6	257,7	269,8

Tabulka 6: Souhrn spotřeb EE



Graf 3: Profil spotřeb EE za předchozí roky



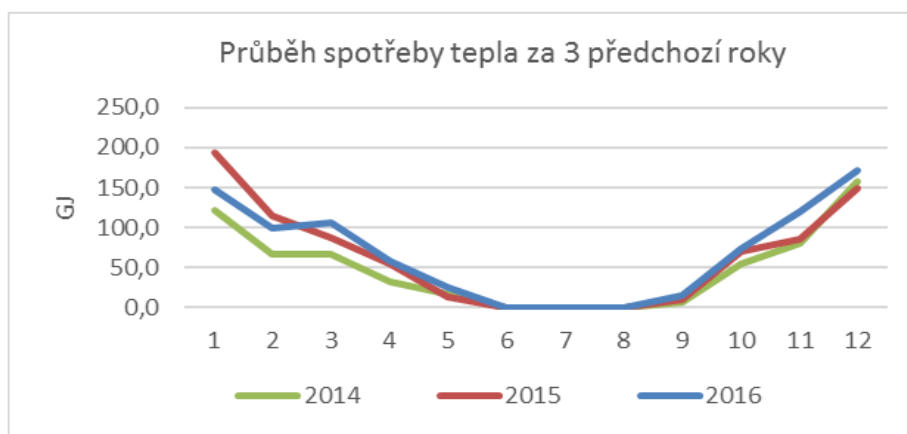
Graf 4: Přehled spotřeby EE za předchozí roky

Teplo

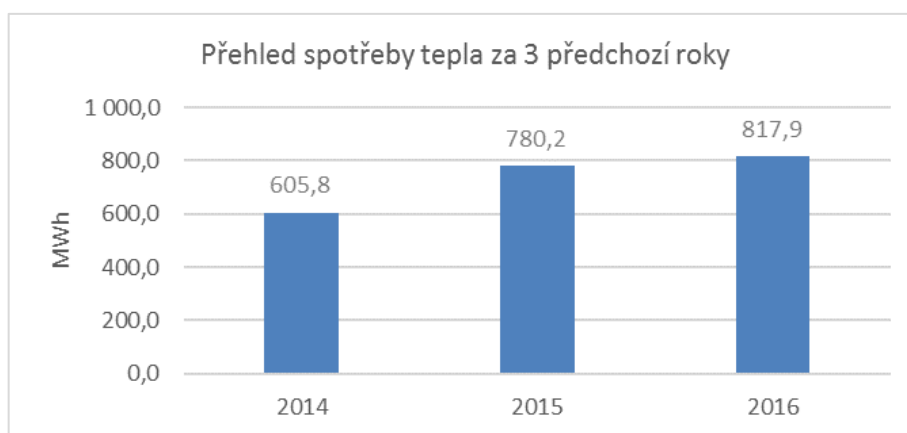
Teplo je přefakturovávané pronajímatelem budovy. V současné době je účtované na základě osmi podružných měříčů.

Rok	2014	2015	2016
Období	[GJ]	[GJ]	[GJ]
1	121,7	193,8	147,7
2	67,2	115,0	99,7
3	66,6	87,0	106,6
4	31,9	55,0	58,0
5	17,5	14,0	25,2
6	0,0	0,0	0,0
7	0,1	0,0	0,0
8	0,1	0,0	0,0
9	7,6	10,3	14,6
10	54,5	70,8	74,0
11	80,3	84,9	120,1
12	158,4	149,5	172,0
Celkem	605,8	780,2	817,9

Tabulka 7: Souhrn spotřeby tepla na vytápění



Graf 5: Profil spotřeby tepla za předchozí roky



Graf 6: Přehled spotřeby tepla za předchozí roky

B.3.3 ENERGETICKÉ VSTUPY – STÁVAJÍCÍ STAV

Soupis energetických vstupů odpovídá jejich přefakturovanému množství z dostupných účetních dokladů od pronajímatele budovy. Vzhledem k úpravám pronajaté plochy během posledních tří let, bude dále uvažována pouze spotřeba za poslední rok, tedy za rok 2016.

Soupis základních údajů o energetických vstupech	STÁVAJÍCÍ STAV
--	----------------

Tabulky dle Přílohy č. 2 vyhlášky č.480/2012 Sb.

Pro rok: 2014					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	245,58	3,60	245,58	540,0
Teplo	GJ	605,78	1,00	168,27	244,3
Celkem vstupy paliv a energie				413,85	784,3
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,00	0,0
Celkem spotřeba paliv a energie				413,85	784,3

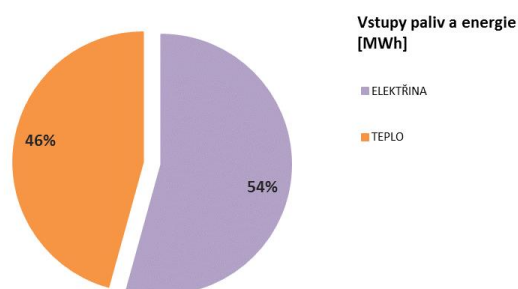
Pro rok: 2015					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	257,74	3,60	257,74	521,3
Teplo	GJ	780,19	1,00	216,72	315,1
Celkem vstupy paliv a energie				474,46	836,4
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,00	0,0
Celkem spotřeba paliv a energie				474,46	836,4

Pro rok: 2016					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	269,79	3,60	269,79	496,1
Teplo	GJ	817,87	1,00	227,19	328,8
Celkem vstupy paliv a energie				496,97	825,0
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,00	0,0
Celkem spotřeba paliv a energie				496,97	825,0

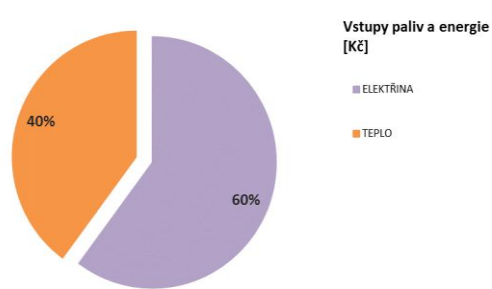
Tabulka 8: Základní údaje o energetických vstupech **stávajícího stavu**

Soupis základních údajů o energetických vstupech			STÁVAJÍCÍ STAV		
Spotřeba za období 2016, v cenách roku 2016					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	269,79	3,60	269,79	496,1
Teplo	GJ	817,87	1,00	227,19	328,8
Celkem vstupy paliv a energie				496,97	825,0
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,00	0,0
Celkem spotřeba paliv a energie				496,97	825,0

Tabulka 9: Základní údaje o energetických vstupech, **stávající stav**



Graf 7: Vstupy paliv a energie v MWh



Graf 8: Vstupy paliv a energie v Kč

Spotřeba energie výchozího stavu energetické bilance bude navýšena o teoretickou spotřebu elektřiny na chlazení a nucené větrání z centrálních technických zařízení objektu, která nejsou zahrnuta v rámci podružného měření elektřiny nájemního prostoru, respektive předmětu auditu.

Také bude navýšena spotřeba energie na vytápění, při zohlednění standartizovaného užívání a teplejšího roku 2016 oproti normalizovanému.

Vyhodnocení hospodárnosti vytápění			norma	2016
Spotřeba tepla na vytápění ve zdroji	E_F	(MWh/rok)	–	227,2
Počet dnů otopného období	d	–	229	224
Průměrná venkovní teplota	t_{es}	°C	4,0	5,4
Počet denostupňů	D	d.K	3 343	2 946
Poměr denostupňů	D/D_N	(%)	100,0%	88,1%
Roční spotřeba energie na vytápění ve zdroji stanovená denostup. m. pro konkrétní klimatické podmínky	E_k	(MWh/rok)	255	225
Spotřeba energie na vytápění ve zdroji přepočtená na normový stav	E_p	(MWh/rok)	–	258
$E_p - E_N$		(MWh)	–	2
		%	–	1%
Opravný koeficient pro VÝCHOZÍ STAV	DS	(-)	–	1,13

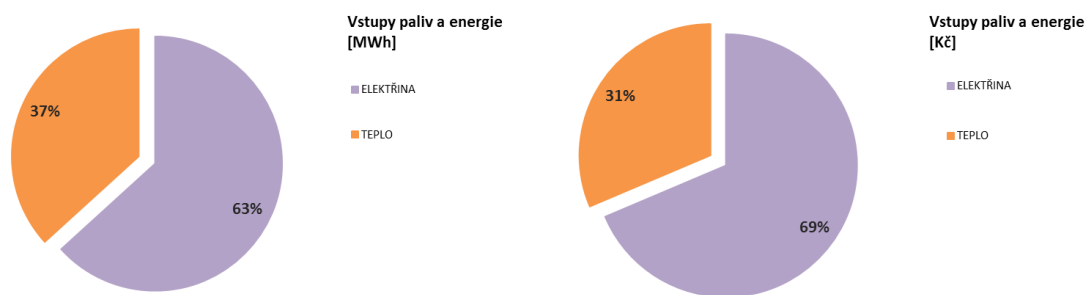
Tabulka 10: Denostupňový přepočet

B.3.4 ENERGETICKÉ VSTUPY – VÝCHOZÍ STAV

Uvedené energetické vstupy budou brány jako výchozí pro další výpočty v auditu, pro stanovení bilance a výpočet úsporných opatření. Spotřeba energie výchozího stavu je navýšena o teoretickou spotřebu elektřiny na chlazení a nucené větrání z centrálních jednotek, která není zahrnuta v rámci podružných měření elektřiny.

Soupis základních údajů o energetických vstupech			VÝCHOZÍ STAV		
Spotřeba převedena na výchozí stav, v cenách roku 2016					
Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč
Elektřina	MWh	503,25	3,60	503,25	925,4
Teplo	GJ	1 100,76	1,00	305,77	442,6
Zemní plyn	MWh	0,00	3,24	0,00	0,0
Jiné plyny	MWh	0,00	3,60	0,00	0,0
Hnědé uhlí	t	0,00	17,60	0,00	0,0
Černé uhlí	t	0,00	24,35	0,00	0,0
Koks	t	0,00	28,29	0,00	0,0
Jiná pevná paliva	t	0,00	15,00	0,00	0,0
TO	t	0,00	46,34	0,00	0,0
TOEL	t	0,00	42,30	0,00	0,0
Druhotné zdroje	GJ	0,00	1,00	0,00	0,0
Obnovitelné zdroje	GJ/MWh	0,00	1,00	0,00	0,0
Jiná paliva	GJ	0,00	1,00	0,00	0,0
Celkem vstupy paliv a energie				809,01	1 368,0
Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,00	0,0
Celkem spotřeba paliv a energie				809,01	1 368,0

Tabulka 11: Základní údaje o energetických vstupech, **výchozí stav**



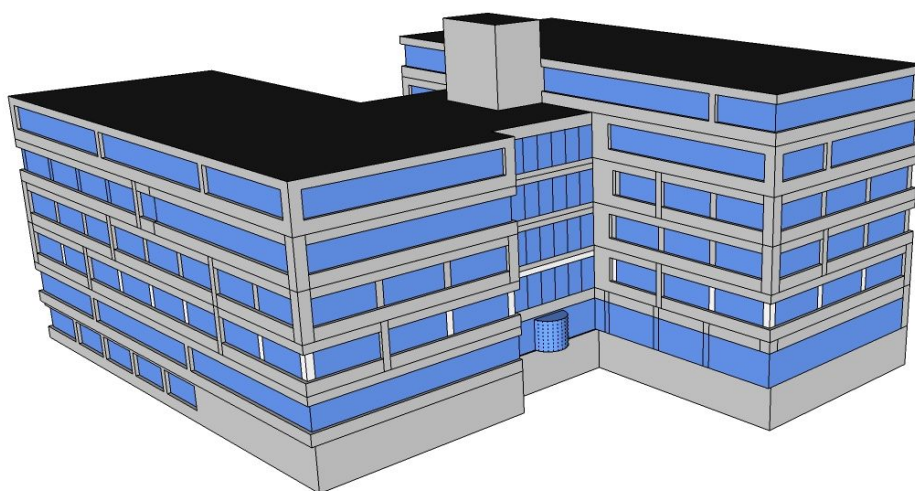
Graf 9: Vstupy paliv a energie v MWh a Kč

B.3.5 TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI BUDOVY

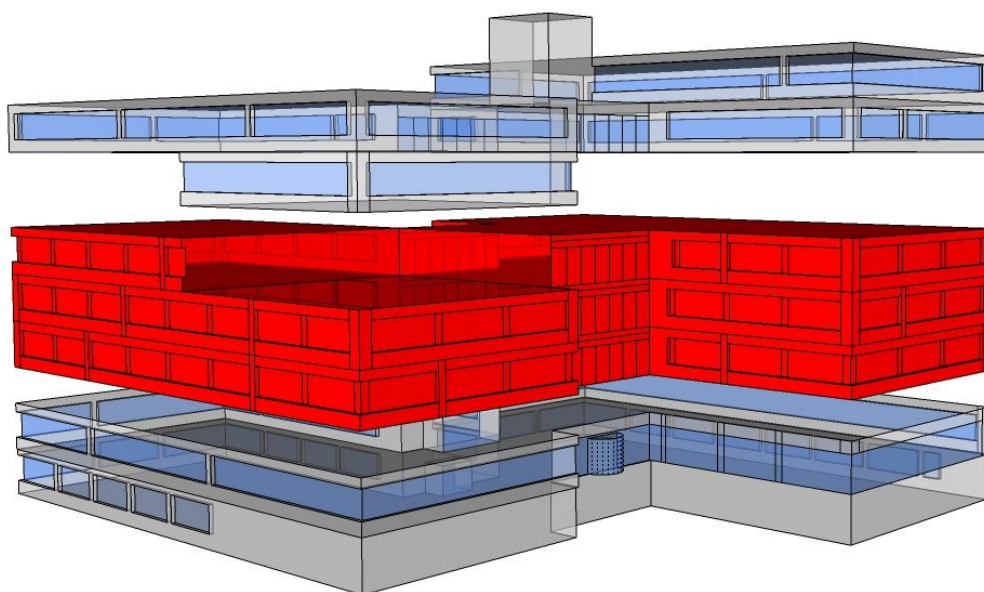
Vymezení systémové hranice budovy

Při stanovení skladeb hraničních konstrukcí se vycházelo z místního šetření a dokumentace poskytnuté vlastníkem budovy. V případě, kdy nebylo možné zjistit přesnou skladbu, jak z dokumentace, tak z místního šetření, byl proveden odborný odhad.

Systémová hranice budovy



Obrázek 6: 3D modelace budovy



Obrázek 7: 3D vizualizace prostorů předmětu auditu

Název konstrukce: Panelový fasádní systém > EXT				F1
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	λ	λ_{ekv}	d
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Vnitřní omítka	0,990	-	15
2	Železobetonový panel	1,580	-	150
3	Tepelná izolace - MW	0,043	-	160
Součinitel prostupu tepla		U	0,250	W/(m².K)

Název konstrukce: Opláštění obvodových sloupů > EXT				F2
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	λ	λ_{ekv}	d
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Vnitřní omítka	0,990	-	15
2	Železobetonový sloup	1,740	-	400
3	Meziokenní pilířek z tvárnice YTONG	0,147	-	150
4	Tepelná izolace - MW	0,043	-	160
Součinitel prostupu tepla		U	0,194	W/(m².K)

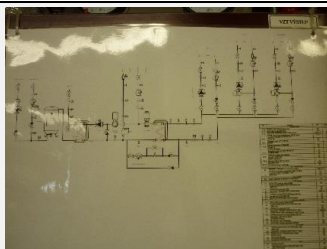








Název konstrukce: Meziokenní vložka > EXT				F3
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	λ	λ_{ekv}	d
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Izolační výplň	0,043	-	28
Součinitel prostupu tepla		U	1,223	W/(m².K)






Název konstrukce: Nadpraží ve spoj. Krčku > EXT				F4
Skladba konstrukce				
č.	Název vrstvy	λ	λ_{ekv}	d
		W/(m.K)	W/(m.K)	mm
1	Tepelná izolace	0,043	-	80
2	Zvuková izolace z tvrdé vlny	0,043	-	80
Součinitel prostupu tepla		U	0,257	W/(m².K)

Okna, dveře				V1 - V2
č.	Název	materiál rámu	typ zasklení	U_w
				W/(m².K)
V1	Hliníkové okno > EXT	hliník	dvojsklo	1,200
V2	Systémová fasáda - dvojsklo > EXT	bez rámu	dvojsklo	1,200

Tabulka 12: Skladba konstrukcí na systémové hranici

B.3.6 TECHNICKÉ SYSTÉMY BUDOVY

VYTÁPĚNÍ					
Princip vytápění budovy	Centrální kotelna a rozvody do celého objektu, včetně auditované části.				
Návrhová teplota	20	°C	Návrhový tepelný výkon dle ČSN EN 12831	218,6	kW
Výroba energie - instalovaný zdroj	Soustava zásobování tepelné energie		Instalovaný tepelný výkon celkem		kW
			Sezónní průměrná účinnost zdroje	cca 99%	%
Distribuce energie	Dvoutrubková, teplovodní soustava				
Sdílení energie	Stropní jednotky typu fancoil				
MaR	Centrální systém napojen na řídící PC. Prostorové termostaty.				
Fotodokumentace					
CHLAZENÍ					
Princip chlazení	Centrální kompaktní chladicí jednotky, vzduchem chlazené do celého objektu, včetně auditované části. Rozvod chladicí vody ke koncovým prvkům sdílení energie (fan-coil).				
Fotodokumentace					
VĚTRÁNÍ					
Princip větrání	Nucené větrání, rovnotlaká vzduchotechnika pro přívod i odvod vzduchu. Centrální VZT jednotky, které slouží pro větrání celého objektu, včetně auditované části.				
Fotodokumentace					
ÚPRAVA VLHKOSTI					
Princip úpravy vlhkosti	Objekt nemá instalovány systémy pro úpravu vlhkosti				
PŘÍPRAVA TEPLÉ VODY					
Princip přípravy TV	Centrální		Celková roční spotřeba teplé vody	417,1	m3
			Teplotní spád ohřevu TV	10°/55°	°C
Zásobník	ANO		Součet objemů zásobníků	500,0	litry
Odběrná místa	Sociální zařízení, kuchyň				
Fotodokumentace			 		

OSVĚTLENÍ				
Typ osvětlovací soustavy	Přímé osvětlení, kompaktní a lineární zářivky, převážně T5	Celkový instalovaný příkon, cca	51,83	kW
		Průměrná účinnost zdrojů osvětlení	90,0	lm/W
Fotodokumentace				
OSTATNÍ ELEKTRICKÉ SPOTŘEBIČE				
Instalované spotřebiče	Úplné údaje nebyly k dispozici, běžná kancelářská technika, vybavení kuchyněk.			
Fotodokumentace				

Tabulka 13: Karta technických systémů budovy

B.3.7 VLASTNÍ ZDROJE ENERGIE

Vlastní zdroj energie je vymezen, pouze pokud je součástí předmětu energetického auditu. Objekt je napojen na dálkové teplo ze soustavy ZTE. Chlazení slouží centrálně pro celý objekt a není předmětem tohoto auditu. Proto není uvedena specifikace ani roční bilance výroby z vlastního zdroje.

B.3.8 SYSTÉM MANAGMENTU HOSPODAŘENÍ ENERGIÍ DLE ČSN EN ISO 50001

Systém managementu hospodaření s energií je definován v normě ČSN EN ISO 50 001 (EnMS). Účelem normy je umožnit organizacím vytvářet systémy a procesy nezbytné pro snižování energetické náročnosti. [16]

ČSN EN ISO 50 001

Implementace	Organizace má normu do svých interních procesů implementovanu. Užívané prostory ve vlastnictví cizích subjektů však nejsou předmětem této implementace.
--------------	---

Energetické plánování

Systém řízení spotřeby energie	Základní nastavení parametrů technických systémů budovy (např. časový a teplotní režim) provádí většinou správce (majitel) budovy. Uživatel má možnost ovlivnit např. koncovou teplotu v místnosti díky nastavení na ovladači.
--------------------------------	--

Způsob evidence spotřeb	V rámci lokality jsou energie účtovány správcem (majitelem) budovy na základě podružných měřičů popřípadě na poměru užívané plochy. Evidují se náklady na fakturované energie případně služby v podobě archivace účetních dokladů. Pro evidenci slouží uživateli centrální systém SAP.
Přezkoumávání spotřeby energie	K přezkoumávání či vyhodnocování spotřeb většinou nedochází. Nejsou stanoveny ukazatele energetické náročnosti, ani porovnávací ukazatele.
Registr příležitostí pro snižování energetické náročnosti	Registr příležitostí není systematicky veden a vyhodnocován. Je to především z důvodu, že užívané prostory i technické systémy a vybavení jsou v majetku cizího subjektu a není účelné nebo ani možné realizovat investiční úsporná opatření. Nebyl však předložen ani registr beznákladových či organizačních opatření.
Právní a další požadavky	Prostory jsou provozovány v souladu s požadavky zákonů, vyhlášek a nařízení dotýkajících se provozních požadavků a bezpečnosti práce. Většinu těchto požadavků zajišťuje správce, resp. majitel budovy. Seznam relevantních právních požadavků je pravidelně aktualizován.
Monitoring a měření	
Odečítání spotřeb energií	Měřiče jsou odečítány správcem budovy, dodavatel energie nebo subjektem zajišťujícím rozpočítávání nákladů.
Ověřování a kalibrace měřičů	Stanovená měřidla jsou v majetku dodavatelů energií a jsou pravidelně ověřována a kalibrována.
Provoz	
Servis a údržba	Je prováděn pravidelný servis a údržba energetických zařízení. Jsou prováděny pravidelné zákonné revize, v požadovaných termínech dle platného harmonogramu. Většinu těchto požadavků zajišťuje správce, resp. majitel budovy.

Tabulka 14: Systém managementu hospodaření energií

B.4 VYHODNOCENÍ STÁVAJÍCÍHO STAVU

B.4.1 ÚČINNOST UŽITÍ ENERGIE

B.4.1.1 Zdroje tepla a chladu

Předmětem energetického auditu nejsou centrální zdroje tepla a chladu, které slouží pro celý objekt, v nichž se nachází auditované prostory.

Zdroje tepla	
Název zdroje	Není předmětem energetického auditu.
Minimální účinnost výroby tepelné energie (požadavek)	-
Zjištěná účinnost zdroje	-
Hodnocení	nehodnoceno

Zdroje chladu	
Název zdroje	Není předmětem energetického auditu.
Minimální účinnost výroby tepelné energie (požadavek)	-
Zjištěná účinnost zdroje	-
Hodnocení	nehodnoceno

Tabulka 15: Hodnocení zdrojů energií

B.4.1.2 Rozvody tepla a chladu

Předmětem energetického auditu nejsou venkovní rozvody tepla či chladu, ani rozvody v rámci nevytápěných prostor. Z hlediska regulace jsou koncové prvky pro sdílení tepla vhodně vybaveny regulací. Jedná se především o termostaty pro regulaci vnitřní teploty s napojením na centrální MaR. Je však potřebné s možností regulace opakovaně seznamovat uživatele.

B.4.1.3 Významné spotřebiče

V rámci předmětu auditu nejsou instalovány žádné spotřebiče, které by svým příkonem byly významné. Jak již bylo výše zmíněno, jedná se především o kancelářskou techniku, jako PC, notebooky, tiskárny apod. V kuchyňkách je běžné vybavení.

B.4.2 TEPELNĚ TECHNICKÉ VLASTNOSTI

B.4.2.1 Zónování budovy

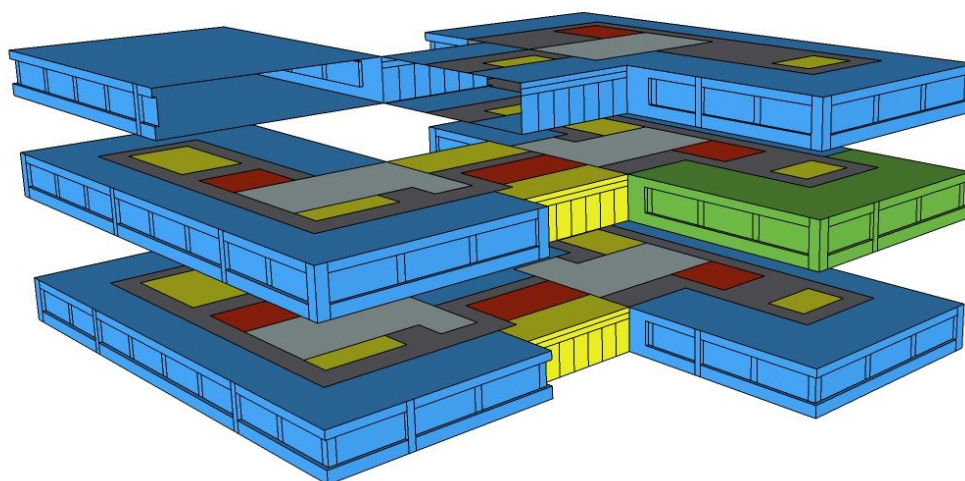
Vzhledem dispozičnímu řešení jednotlivých pater, kde se jedná převážně o otevřené kanceláře tzv. openspace office budou prostory řešeny jednozónově. Avšak pro zpřesnění výpočtu je zóna rozdělena do menších podzón tak, aby co nejpřesněji vystihovala provoz v dané podzóně.

PARAMETRY ZÓNY						
Ozn. zóny	Název zóny:	Počet osob celkem	Podlahová plocha zóny - VNITŘNÍ		Objem zóny - VNITŘNÍ	
		os.	[m ²]		[m ³]	
Z1	Administrativní prostory	420	5 523,0		15 463,5	

ČLENĚNÍ ZÓNY - PODZÓNY						
Ozn. podzóny	Název podzóny	Návrhový počet osob	Podlahová plocha podzóny VNITŘNÍ	Podíl plochy z celku	Objem podzóny vnitřní	Podíl objemu z celku
		os.	[m ²]	[%]	[m ³]	[%]
PZ1	Kuchyň	35	299,4	5,4%	838,4	5,4%
PZ2	Zasedací místnosti	50	457,0	8,3%	1 279,6	8,3%
PZ3	Kanceláře (open space)	275	2 765,3	50,1%	7 742,8	50,1%
PZ4	Kanceláře (oddělené)	50	204,6	3,7%	573,0	3,7%
PZ5	Koridory, kopírka, sklady	10	1 113,4	20,2%	3 117,6	20,2%
PZ6	Komunikační prostory	0	682,9	12,4%	1 912,1	12,4%

Tabulka 16: Parametry užívaných prostorů

3D model podzón budovy :



Obrázek 8: 3D vizualizace užívaných prostorů

B.4.2.2 Vyhodnocení součinitele prostupu tepla konstrukcí na systémové hranici

V tabulce je barevně vyznačeno, zda konstrukce splňuje nebo nesplňuje hodnoty dané normou. Na systémové hranici nejsou uvažovány podlahy ani stropy. Jedná se o hraniční konstrukce na styku s interiérem kde je uvažován podobný provoz (administrativní).

Posouzení ochlazovaných konstrukcí dle ČSN 73 0540-2: 2011							
Označení zóny:		Z1	Název zóny:		Administrativní prostory		
Převažující návrhová vnitřní teplota ZÓNY θ_{im} [°C]		20	Úroveň návrhu:		EA		
Ochlazované konstrukce		Plocha A_i	Součinitel prostupu tepla konstrukce U_i	Požadovaný součinitel prostupu tepla $U_{N,rq}$	Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{N,rec}$	Činitel teplotní redukce b_i	Měrná ztráta konstrukce protupem tepla $H_{Ti} = A_i \cdot U_i \cdot b_i$
		[m ²]	[W/m ² .K]			[-]	[W/K]
FASÁDA							
F1	Panelový fasádní systém > EXT	1 466,8	0,250	0,30	0,25	1,00	366,6
F2	Opláštění obvodových sloupů > EXT	158,8	0,19	0,30	0,25	1,00	30,8
F3	Meziokenní vložka > EXT	100,3	1,22	0,30	0,20	1,00	122,6
F4	Nadpraží ve spoj. Krčku > EXT	32,0	0,26	0,30	0,20	1,00	8,2
FASÁDA CELKEM		1 757,9					528,3
OKNA A DVEŘE							
V1	Hliníkové okno > EXT	1 076,5	1,20	1,50	1,20	1,00	1 291,8
V2	Systémová fasáda - dvojsklo > EXT	182,6	1,20	1,50	1,20	1,00	219,1
OKNA, DVEŘE CELKEM		1 259,1					1 510,9
SOUHRNNÉ HODNOTY HODNOCENÉ ZÓNY							
Celková plocha obálky zóny A					m ²	3 017,00	
Měrná ztráta prostupem tepla bez vlivu tepelných vazeb H_T					W/K	2 039,2	
Vliv tepelných vazeb ΔU_{tb}					W/(m ² .K)	0,05	
Měrná ztráta prostupem tepla tepelnými vazbami					W/K	150,9	
Měrná ztráta prostupem tepla H_T					W/K	2 190,0	
Posouzení průměrného součinitele prostupu tepla obálkou dle ČSN 73 0540-2: 2011							
Průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em} = H_T / A$					W/(m ² .K)	0,73	
Požadovaný průměrný součinitel prostupu tepla $U_{em,N}$					Hodnocení:	SPLNĚNO	
Doporučený součinitel prostupu tepla $U_{em,rec}$					Hodnocení:	NESPLNĚNO	
Klasifikační třída prostupu tepla obálkou budovy A-G					Třída:	C	

Tabulka 17: Posouzení hraničních konstrukcí

B.4.2.3 Vyhodnocení průměrného součinitele prostupu tepla U_{em}

Hodnocení lze provést dle technické normy ČSN 73 0540 nebo dle vyhlášky č. 78/2013 o energetické náročnosti budov. Vyhláška vychází z technické normy, avšak využívá korekční koeficient k úpravě závazných požadavků při výstavbě nebo změně dokončené budovy.

JEDNOZÓNOVÝ VÝPOČET				
PARAMETRY HODNOCENÉ BUDOVY				
U_{em} Průměrný součinitel prostupu tepla - jednozónový výpočet	0,726	W/(m².K)		
HODNOCENÍ DLE ČSN 73 0540-2: 2011				
U_{em,N} Požadovaná hodnota průměrného součinitele prostupu tepla	0,821	W/(m².K)	SPLNĚNO	
U_{em,rec} Doporučená hodnota průměrného součinitele prostupu tepla - U_{em,rec} = U_{em,N} · 0,75	0,616	W/(m².K)	NESPLNĚNO	
Klasifikační třída obálky budovy Cl = U_{em}/U_{em,N}	0,884			
Klasifikační třída prostupu tepla obálkou budovy dle Přílohy C k ČSN 73 0540-2: 2011	C	Vyhovující		
HODNOCENÍ DLE VYHL. Č. 78/2013 Sb.				
U_{em,R} Referenční hodnota průměrného součinitele prostupu tepla	Dokončená budova a její změna	0,821	W/(m².K)	SPLNĚNO
	Nová budova	0,657	W/(m².K)	NESPLNĚNO
	Budova s téměř nulovou spotřebou energie	0,575	W/(m².K)	NESPLNĚNO
Klasifikační třída obálky budovy Cl = U_{em}/U_{em,R}	1,105			
Klasifikační třída energetické náročnosti budovy dle vyhl. č. 78/2013 Sb.	D	Méně úsporná		

Tabulka 18: Posouzení průměrného součinitele prostupu tepla

B.4.3 CELKOVÁ ENERGETICKÁ BILANCE

B.4.3.1 Energetická bilance – tabulkové zpracování

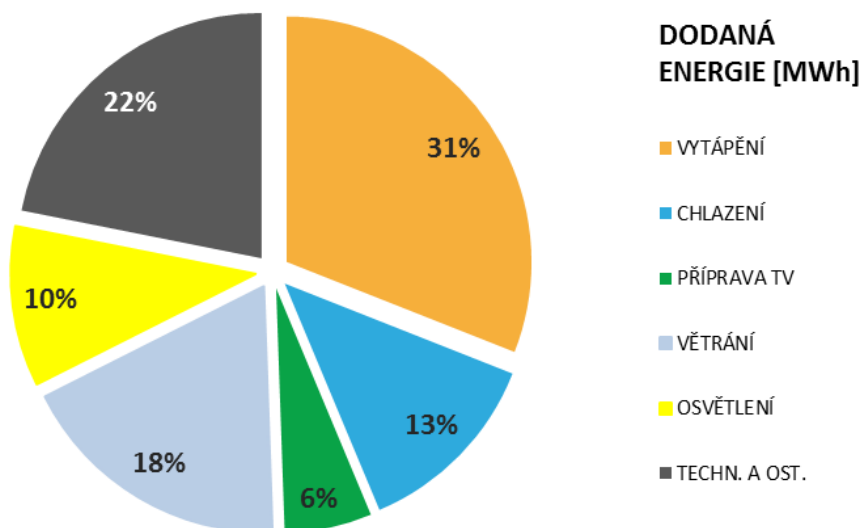
V souladu s §4 odst. 4 písm. d) vyhl. 480/2012 Sb. je uvedeno tabulkové zpracování celkové energetické bilance dle vzoru uvedeného ve vyhlášce. Tento stav bude brán dále do výpočtu pro stanovení úspor energie a nákladů navržených variant.

Celková energetická bilance	VÝCHOZÍ STAV			
	Energie		Náklady	řádek
	(GJ)	(MWh)	(tis. Kč)	
Vstupy paliv a energie	2 912,4	809,0	1 368,0	1
Změna zásob paliv	0,0	0,0	0,0	2
Spotřeba paliv a energie (ř.1 + ř.2)	2 912,4	809,0	1 368,0	3
Prodej energie cizím	0,0	0,0	0,0	4
Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3-ř.4)	2 912,4	809,0	1 368,0	5
Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech (z ř.5)	121,9	33,9	49,0	6
Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	928,1	257,8	373,2	7
Spotřeba energie na chlazení (z ř.5)	302,7	84,1	154,6	8
Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	172,7	48,0	69,4	9
Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	537,8	149,4	274,7	10
Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	0,0	0,0	0,0	11
Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	315,8	87,7	161,3	12
Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)	655,4	182,1	334,8	13

Tabulka 19: Celková energetická bilance, výchozí stav

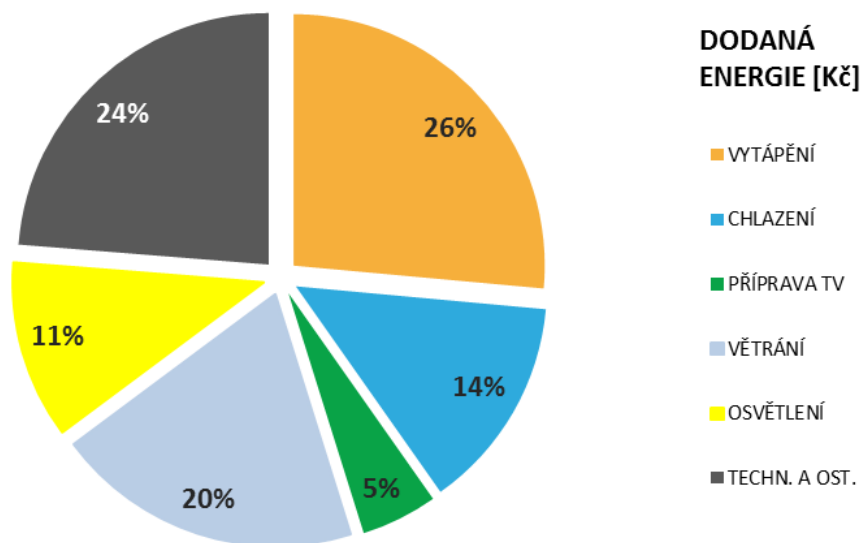
B.4.3.2 Energetická bilance – grafické zpracování

Graf vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl a s tím zároveň významnost jednotlivých spotřeb z pohledu dodané energie.



Graf 10: Energetická bilance v MWh, výchozí stav

Graf vychází z předchozí tabulky a zobrazuje podíl a s tím zároveň významnost jednotlivých spotřeb z pohledu nákladů na energie.



Graf 11: Energetická bilance v Kč, výchozí stav

B.4.4 VYHODNOCENÍ ÚROVNĚ SYSTÉMU MANAGMENTU HOSPODAŘENÍ S ENERGIÍ

Společnost nemá implementovanou normu ČSN EN ISO 50 001 pro předmět auditu. Hodnocení bude vyjádřeno pomocí tří úrovní splnění požadavků:

Úroveň	Splnění požadavku v dané oblasti
1	Splněno v plné míře
2	Požadavek je splněn pouze částečně
3	Nesplněno
-	Nezjištěno

Tabulka 20: Bodová stupnice

B.4.4.1 Hodnocení souladu

Hodnocení souladu je pro předmět auditu specifické, protože prostory a technická zařízení nejsou v majetku ani ve správě hodnoceného subjektu a ten má omezené možnosti ovlivňovat nakládání s energiemi.

Hodnocení úrovně EnMS dle požadavků ČSN EN ISO 50001		Úroveň splnění
Všeobecné požadavky		
Stanovení odpovědných osob		2
Energetická politika		
Sestavení energetické politiky		2

Energetické plánování	
Analýza spotřeby energie na základě měření	2
Identifikace oblastí významné spotřeby energie	2
Sestavení registru příležitostí pro snižování energetické náročnosti	3
Stanovení ukazatelů energetické náročnosti	3
Stanovení energetických cílů, cílových hodnot a akčních plánů	3
Zavádění a provoz	
Školení zaměstnanců v oblasti snižování energetické náročnosti	2
Interní komunikace o energetické náročnosti organizace	3
Řízení dokumentace	2
Pravidelný servis a údržba energetických zařízení	1
Nákup zařízení a služeb dle vlivu na energetickou náročnost organizace	2
Kontrola	
Monitorování, měření a analýza významných spotřeb energií	3
Sestavení plánu měření spotřeby energie	3
Sledování a dodržování právních požadavků	1
Provádění interních auditů	-
Přijímání nápravných a preventivních opatření při problémech s energ. náročností	3

Tabulka 21: Hodnocení systému managementu hospodaření energií

B.5 NÁVRHY OPATŘENÍ

B.5.1 ORGANIZAČNÍ OPATŘENÍ

Tato opatření je možno shrnout do několika základních bodů rozdělených dle šetřené energie, jsou uvedeny obecně známé principy:

B.5.1.1 Elektrická energie

Osvětlení

Nad pracovním místem i v samostatné kanceláři vypínat umělé osvětlení v době nepřítomnosti. V případě, že je osvětlenost daného prostoru dostatečná pomocí přirozené složky, umělé osvětlení bez regulace vypnout. Otvorové výplně udržovat čisté pro zvýšení přínosu přirozené složky osvětlení.

Chlazení

V daném případě uživatel má možnost ovlivňovat teplotu v prostoru. Je vhodné opakované seznámení nových i stálých uživatelů o dodržování jednotného požadavku na výslednou teplotu v místnosti. I s ohledem na zdraví uživatele je vhodné udržovat rozdíl mezi venkovní teplotou a teplotou vnitřní cca 6 °C. Dále během přechodného období, kdy venkovní teplota není vysoká avšak interiérová teplota roste díky solárním ziskům, je vhodné zajistit snížení teploty pomocí přirozeného větrání, nikoliv puštěním chlazení.

Spotřebiče

Především při odchodu z pracoviště vypnout počítač, monitor, tiskárnu a další periférie PC. Při krátkodobějším přerušení činnosti (obědová pauza, jednání apod.) vypnout alespoň monitor.

B.5.1.2 Tepelná energie

V daném případě uživatel má možnost ovlivňovat teplotu v prostoru. Je vhodné opakované seznámení nových i stálých uživatelů o dodržování jednotného požadavku na výslednou teplotu v místnosti. Přetápění o každý další stupeň představuje nárůst energetické spotřeby. Pokud je místnost nevyužívaná (v noci, dovolená, víkend apod.) je vhodné nastavit mírný teplotní útlum, např. o 2-3 °C oproti běžné teplotě.

Opatření	Stávající stav	Realizace opatření
Spotřeba energie [MWh/rok]	809	801
Roční náklady [tis. Kč/rok]	1 368	1 354
Úspora energie [MWh/rok]	–	8
Úspora nákladů na energie [tis. Kč/rok]	–	14
Úspora provozních nákladů [tis. Kč/rok]	–	0
Odhad investic [tis. Kč]	–	–
Reálná doba návratnosti [roky]	–	–

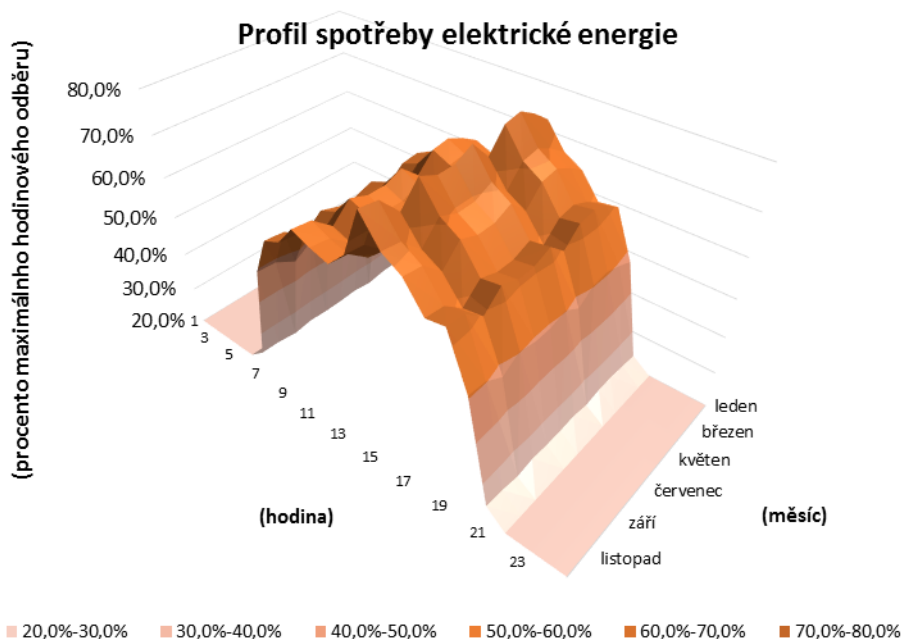
Tabulka 22: Vyhodnocení úsporného opatření

B.5.2 FOTOVOLTAICKÁ ELEKTRÁRNA (FVE) 20 kWp NA STŘEŠE BUDOVY

Uvažujeme s instalací FVE na ploché střeše budovy s výrobou elektřiny primárně pro vlastní spotřebu. Pro návrh výkonu FVE byla sestavena denní křivka spotřeby na základě informací poskytnutých vlastníkem předmětu auditu. Dále do návrhu byla uvažována zastavitelná plocha střechy, kde se v současné době nachází instalace technického systému budovy. Při sestavování denní spotřeby byla uvažována spotřeba elektrické energie pro chlazení a větrání. Pro přehlednější zobrazení byly realizované průměrné hodnoty spotřeby každé hodiny v měsíci.

Hodinová spotřeba elektřiny přepočtena na průměrné denní hodnoty	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24
leden	8 334	8 334	8 334	8 334	15 926	24 257	48 962	58 558	60 251	65 229	63 337	61 996	66 122	77 189	71 105	68 388	62 335	63 090	50 692	24 883	15 572	15 572	8 334	8 334
únor	8 365	8 365	8 365	8 365	15 948	24 732	50 781	60 900	62 685	67 933	65 938	64 525	68 875	80 545	74 130	71 264	64 882	65 679	52 606	25 392	15 634	15 634	8 365	8 365
březen	8 389	8 389	8 389	8 389	15 964	25 088	52 146	62 656	64 510	69 962	67 890	66 421	70 940	83 061	76 398	73 422	66 792	67 620	54 041	25 774	15 681	15 681	8 389	8 389
duben	8 381	8 381	8 381	8 381	15 959	24 977	51 721	62 109	63 942	69 331	67 283	65 831	70 298	82 278	75 692	72 751	66 198	67 016	53 594	25 655	15 666	15 666	8 381	8 381
květen	8 334	8 334	8 334	8 334	15 926	24 257	48 962	58 558	60 251	65 229	63 337	61 996	66 122	77 189	71 105	68 388	62 335	63 090	50 692	24 883	15 572	15 572	8 334	8 334
červen	8 381	8 381	8 381	8 381	15 959	24 977	51 721	62 109	63 942	69 331	67 283	65 831	70 298	82 278	75 692	72 751	66 198	67 016	53 594	25 655	15 666	15 666	8 381	8 381
červenec	8 362	8 362	8 362	8 362	15 945	24 673	50 554	60 607	62 381	67 595	65 613	64 209	68 531	80 125	73 752	70 905	64 563	65 355	52 367	25 328	15 626	15 626	8 362	8 362
srpen	8 362	8 362	8 362	8 362	15 945	24 673	50 554	60 607	62 381	67 595	65 613	64 209	68 531	80 125	73 752	70 905	64 563	65 355	52 367	25 328	15 626	15 626	8 362	8 362
září	8 381	8 381	8 381	8 381	15 959	24 977	51 721	62 109	63 942	69 331	67 283	65 831	70 298	82 278	75 692	72 751	66 198	67 016	53 594	25 655	15 666	15 666	8 381	8 381
říjen	8 334	8 334	8 334	8 334	15 926	24 257	48 962	58 558	60 251	65 229	63 337	61 996	66 122	77 189	71 105	68 388	62 335	63 090	50 692	24 883	15 572	15 572	8 334	8 334
listopad	8 381	8 381	8 381	8 381	15 959	24 977	51 721	62 109	63 942	69 331	67 283	65 831	70 298	82 278	75 692	72 751	66 198	67 016	53 594	25 655	15 666	15 666	8 381	8 381
prosinec	8 389	8 389	8 389	8 389	15 964	25 088	52 146	62 656	64 510	69 962	67 890	66 421	70 940	83 061	76 398	73 422	66 792	67 620	54 041	25 774	15 681	15 681	8 389	8 389
ROK	8 366	8 366	8 366	8 366	15 948	24 742	50 820	60 949	62 736	67 991	65 994	64 579	68 934	80 616	74 194	71 326	64 936	65 734	52 646	25 403	15 636	15 636	8 366	8 366

Tabulka 23: Modelace hodinové spotřeby

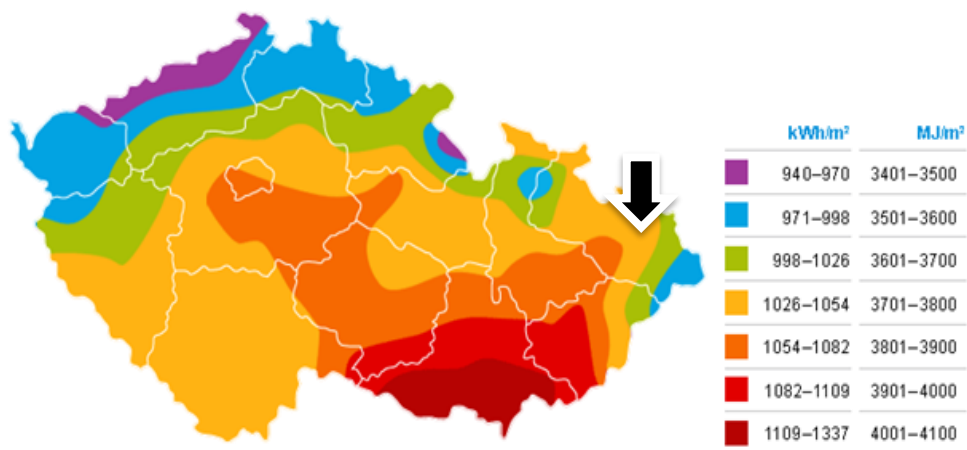


Graf 12: Profil modelované spotřeby

Jak je možné vidět z tabulky a grafu, nejvyšší spotřeby dosahovali mezi 14 – 16 hodinou odpolední. To je z hlediska využitelnosti slunečního záření optimální.

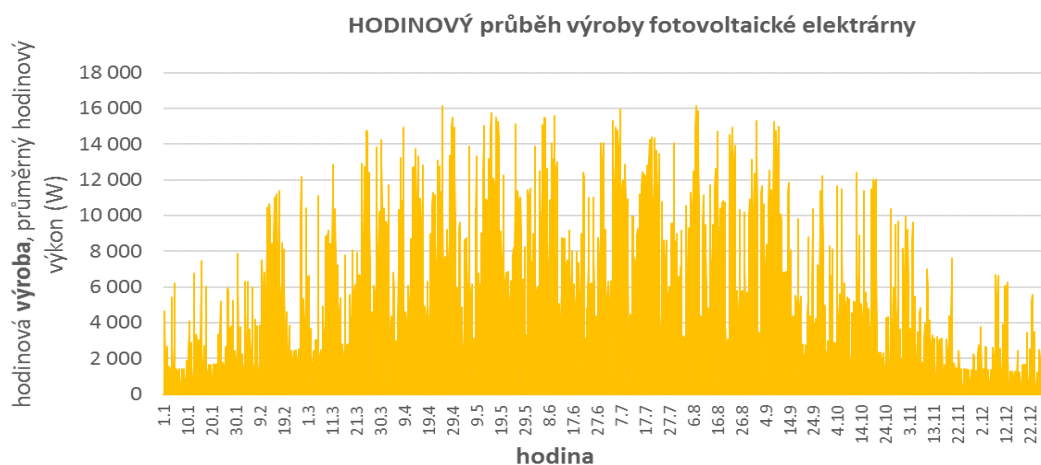
Na základě úhrnů globálního horizontálního slunečního záření v ČR, kde jsou jednotlivé oblasti rozděleny dle intenzity záření, byla provedena korekce dat zohledňující umístění konkrétní fotovoltaické elektrárny. Pro naši lokalitu je uvažováno s ročním úhrnem globálního záření 1 040 kWh/m².

Mapa úhrnů globálního horizontálního záření



Obrázek 9: Mapa horizontálního záření [17]

Grafické zobrazení výroby FV



Graf 13: Průběh hodinové výroby FVE

Pro instalaci 20kWp fotovoltaické elektrárny uvažujeme 74 ks panelů, každý o výkonu 270 Wp. Jedná se o polykrystalické panely s účinností 16,6%. Základní technické specifikace, viz. v tabulce níže.

Technická specifikace FV panelu

Účinnost panelů	16,60%
Jmenovitý výkon	270 Wp
Účinná plocha 1 FVE panelu	1,46 m ²
Sklon panelů	30°
Orientace panelů	22,5° - JZ

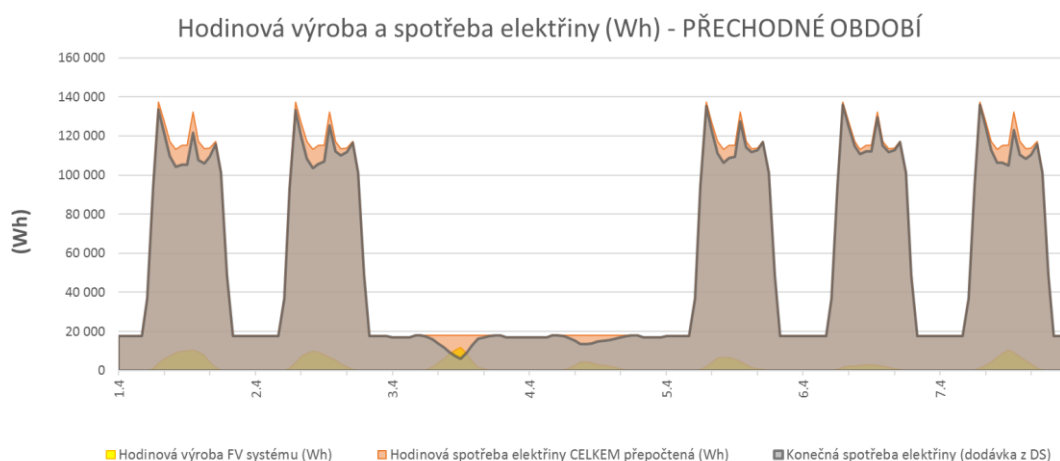
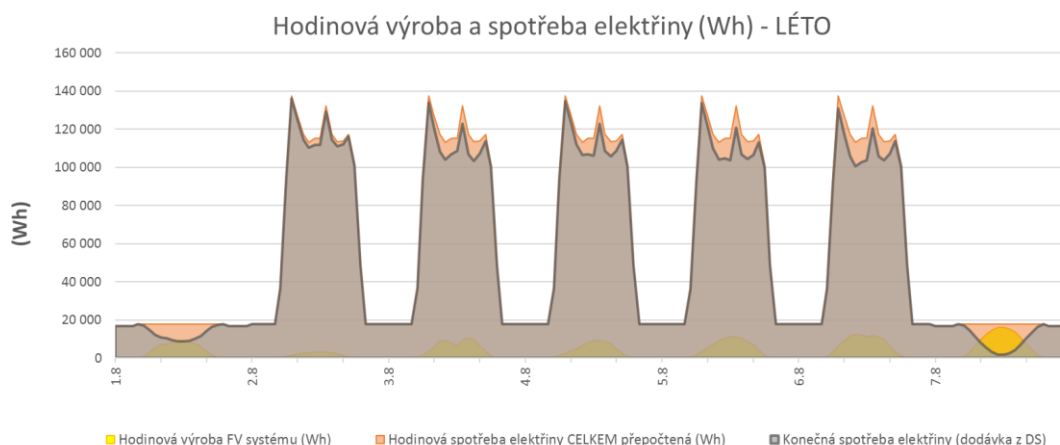
Životnost	30 let
-----------	--------

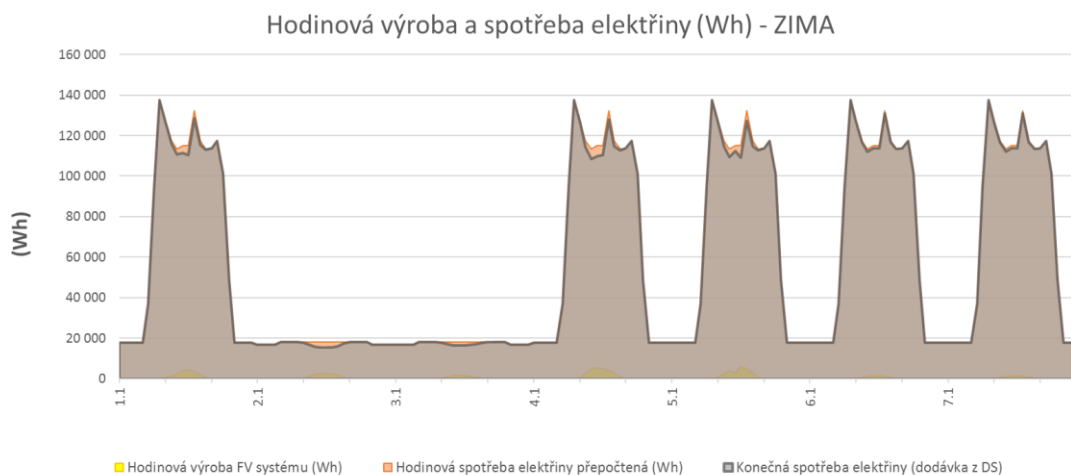
Tabulka 24: Technická specifikace FV panelu

Umístění fotovoltaické elektrárny bude provedeno na střeše objektu, na speciálních konstrukcích, které zajistí optimální sklon a orientaci. Bude provedeno rozmístění pro zamezení vlastního stínění. Instalovaný systém bude vybaven veškerými přístroji pro zajištění provozu. Při výjimečných přebytkách bude zajištěna dodávka do distribuční sítě přes rozvodnu NN. Výše investice zmíněné instalace je stanovena orientačně s ohledem na výkon a typ.

K zajištění minimálních přetoků do distribuční sítě, bylo provedeno srovnání výroby FVE a spotřeby v hodinovém kroku na třech obdobích. Obecně je známo, že nejkritičtější bývá letní období, kdy intenzita a hlavně doba slunečního záření je největší. Rovněž jsou kritické víkendy, kdy provoz uvnitř budovy je minimální.

Srovnání hodinové výroby a spotřeby elektřiny ve třech obdobích





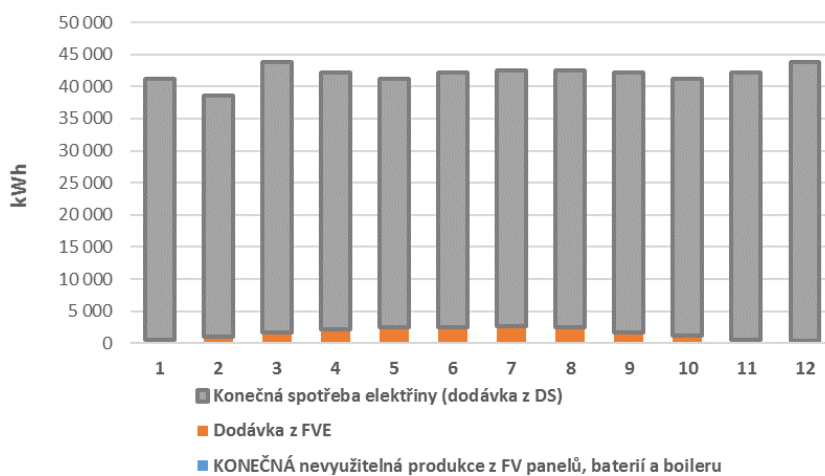
Graf 14: Hodinová výroba a spotřeba ve vybraných týdnech pro tři období

K přebytkům výroby FVE může výjimečně docházet v letním období, během víkendů.

Výsledky výpočtu

Celková spotřeba elektrické energie	503 247 kWh
Využitelná produkce elektrické energie z FVE v budově	19 583 kWh
Nevyužitelná produkce elektrické energie	0 kWh
Procento využití celkové produkce FVE	100 %
Procento pokrytí vlastní spotřeby	3,9 %

Balance spotřeby elektřiny a výroby FVE



Graf 15: Balance výroby a spotřeby EE

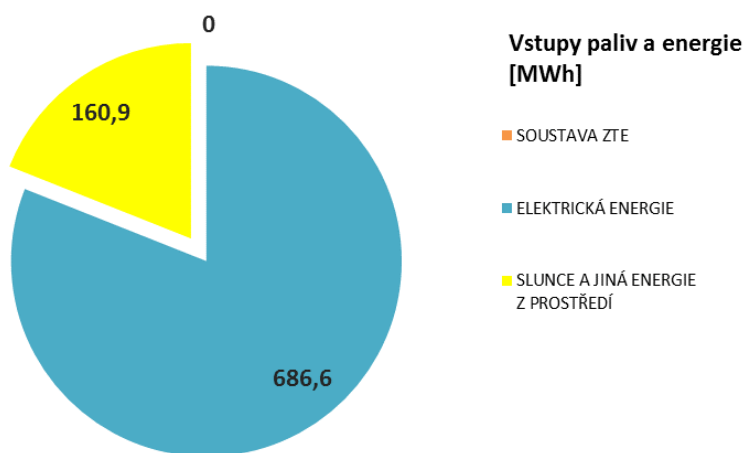
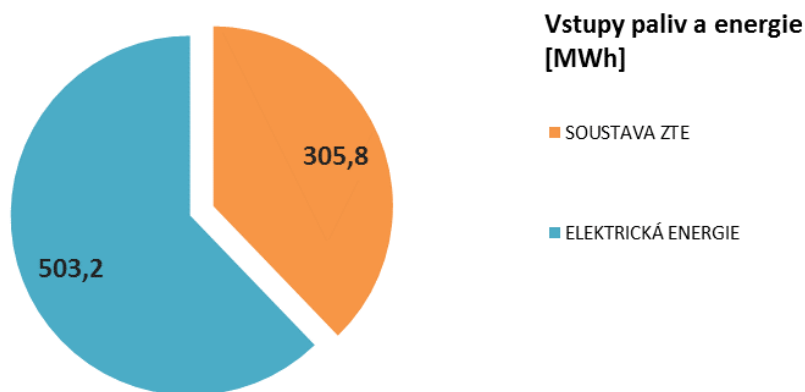
Opatření	Stávající stav	Realizace opatření
Spotřeba energie [MWh/rok]	809	789
Roční náklady [tis. Kč/rok]	1 368	1 332
Úspora energie [MWh/rok]	–	19,6
Úspora nákladů na energie [tis. Kč/rok]	–	36,0
Úspora provozních nákladů [tis. Kč/rok]	–	0,0
Odhad investic [tis. Kč]	–	500,0
Reálná doba návratnosti [roky]	–	14,0

Tabulka 25: Navrhované úsporné opatření

B.5.3 INSTALACE TEPELNÉHO ČERPADLA VZDUCH/VODA

Cílem opatření je nahrazení stávajícího systému vytápění (soustava ZTE). Opatření zahrnuje soustavu tepelných čerpadel vzduch – voda doplněné bivalentním dohřevem elektrickou energií, která bude pokrývat veškerou potřebu tepla na vytápění a na ohřev teplé vody. Distribuci tepla bude dále zajišťovat teplovodní systém. Sdílení tepla do prostoru zajišťují podstropní jednotky fan – coil.

Grafické zobrazení energetické bilance:



Graf 16: Energetická bilance TČ

Instalace soustavy tepelných čerpadel doplněných bivalentním dohřevem, zapříčiní úplnou úsporu tepla dodávanou ze soustavy ZTE. To nám však ovlivní nárůst spotřeby elektrické energie, potřebné ke krytí špičkových odběrů.

K výpočtu úspory vlivem sluneční energie akumulované ve vzduchu využité pomocí tepelného čerpadla byl použit výpočetní software Energie. Na grafech výše lze pozorovat nárůst elektrické energie a úplná absence energie dodané ze soustavy ZTE.

Opatření	Stávající stav	Realizace opatření
Spotřeba energie [MWh/rok]	809	687
Roční náklady [tis. Kč/rok]	1 368	1 263
Úspora energie [MWh/rok]	–	122
Úspora nákladů na energii [tis. Kč/rok]	–	105,5
Úspora provozních nákladů [tis. Kč/rok]	–	0
Odhad investic [tis. Kč]	–	2 950
Reálná doba návratnosti [roky]	–	> 20

Tabulka 26: Roční úspory opatření

Reálná doba návratnosti vychází více než 20 let. Při zvážení doby životnosti tepelného čerpadla je tato doba neefektivní. Ovšem při nižší tarifní ceně odběru elektrické energie pro TČ, které je možné dosáhnout při splnění podmínek vydané energetickým regulačním úřadem bude doba návratnosti nižší, kolem 19-ti let.

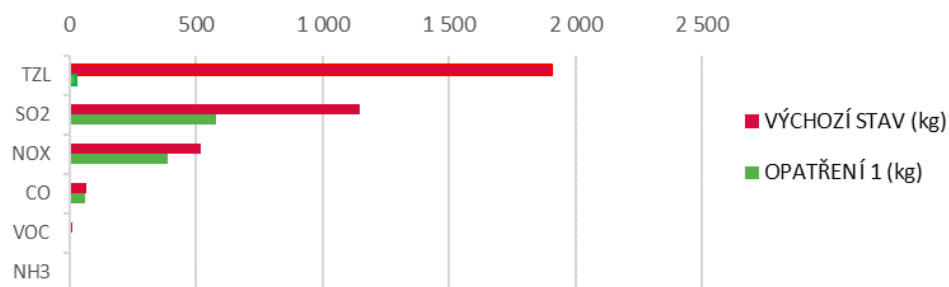
B.5.3.1 Ekologické hodnocení

Vlivem instalace bivalentního dohřevu potřebné ke krytí odběrových špiček vzroste spotřeba elektrické energie a ta má negativní dopad na produkci CO₂. Z toho důvodu nebude s navrhovaným opatřením dále uvažováno.

Bilance znečišťujících látek celkem		VÝCHOZÍ STAV (t)	NÁVRH (t)	PŘÍNOS (t)
EPS	$EPS = ((1 \times TZL) + (0,88 \times NO_x) + (0,54 \times SO_2) + (0,64 \times NH_3))$	2,9818	0,6801	2,3017
TZL	tuhé znečišťující látky	1,9057	0,0253	1,8804
PM ₁₀	tuhé znečišťující látky, frakce velikost částic 0 - 10 μm	0,6667	0,0000	0,6667
PM _{2,5}	tuhé znečišťující látky, frakce velikost částic 0 - 2,5 μm	0,2081	0,0152	0,1930
SO ₂	oxid siřičitý	1,1457	0,5776	0,5681
NO _x	oxidy dusíku	0,5198	0,3897	0,1301
CO	oxid uhelnatý	0,0655	0,0592	0,0063
VOC	těkavé uhlovodíky	0,0086	0,0017	0,0068
NH ₃	amoniak	0,0000	0,0000	0,0000
CO ₂	oxid uhličitý	605,1940	694,5255	-89,3315

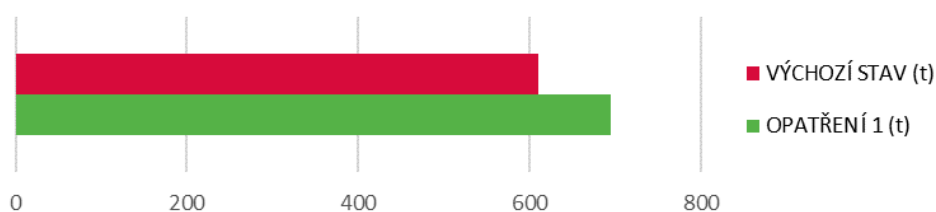
Tabulka 27: Ekologická bilance TČ

EMISNÍ BILANCE POROVNÁNÍ (kg)



Graf 17: Emisní bilance TČ

EMISNÍ BILANCE CO₂ POROVNÁNÍ (t)



Graf 18: Emisní bilance CO₂ TČ

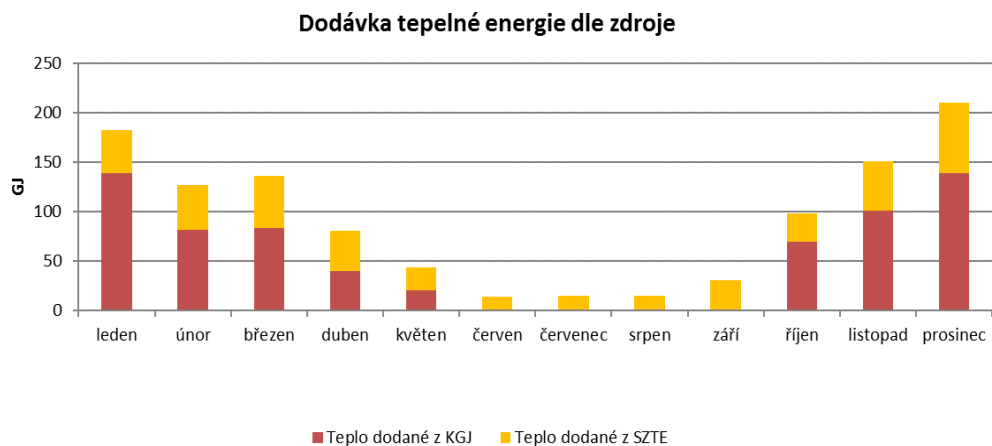
B.5.4 KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA (KVET) BEZ VLIVU FVE

Dalším opatřením je posouzení kogenerační jednotky (KGJ) pro kombinovanou výrobu elektřiny a tepla. Teplo bude využito prioritně pro vytápění. Elektřina vyrobená KGJ bude využita pro vlastní spotřebu, případná nadvýroba bude dodána do distribuční sítě. Navržena je plynová jednotka o jmenovitém výkonu 30 kW (např. TEDOM Micro T30). KGJ je navržena tak, aby dosahovala 3 000 provozních hodin a pokrývala pouze zimní provoz. Dle průzkumu a informací vlastníka budovy je v dané lokalitě zřízené plynovodní potrubí a je tedy možnost samostatné přípojky pro KGJ.

Parametry kogenerační jednotky					
Elektrický výkon	Tepelný výkon	Elektrická účinnost	Tepelná účinnost	Celková účinnost	Spotřeba plynu
kW	kW	%	%	%	m3/h
30	62	31,2	64,3	95,5	10,2

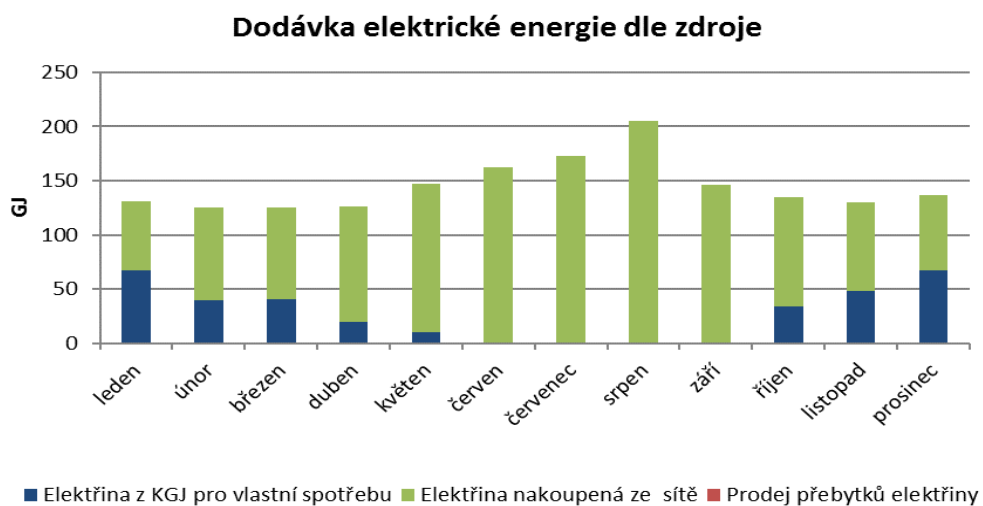
Tabulka 28: Technická specifikace KGJ

Grafické znázornění dodávky tepelné energie dle zdroje



Graf 19: Dodávka tepelné energie dle zdroje

Grafické znázornění dodávky elektrické energie dle zdroje



Graf 20: Dodávka elektrické energie dle zdroje

B.5.4.1 Roční úspory energií

Roční bilance energií - STÁVAJÍCÍ STAV		
Elektrická energie		
Spotřeba elektřiny	1 812	GJ
Vyrobená elektřina	0	GJ
Prodaná elektřina	0	GJ
Nakoupená elektřina	1 812	GJ
Tepelná energie na výstupu ze zdroje tepla		
Spotřeba tepla	1 101	GJ
Teplo SZTE	1 101	GJ
Vyrobené teplo v kogenerační jednotce	0	GJ
Tepelná energie v palivu		
Účinnost předání SZTE	100	%
Účinnost výroby tepla v KGJ	0	%
Spotřeba tepla a zemního plynu	1 101	GJ
Spotřeba SZTE	1 101	GJ
Spotřeba zemního plynu v KGJ	0	GJ

Tabulka 29: Bilance energií před opatřením

Roční bilance energií - NAVRHOVANÝ STAV		
Elektrická energie		
Spotřeba elektřiny	1 812	GJ
Vyrobená elektřina pro vlastní spotřebu	325	GJ
Prodaná elektřina	0	GJ
Nakoupená elektřina	1 487	GJ
Tepelná energie na výstupu ze zdroje tepla		
Spotřeba tepla	1 101	GJ
Teplo SZTE	429	GJ
Vyrobené teplo v kogenerační jednotce	672	GJ
Tepelná energie v palivu		
Účinnost předání SZTE	100	%
Účinnost výroby tepla v KGJ	64	%
Spotřeba tepla a zemního plynu	1 044	GJ
Spotřeba SZTE	429	GJ
Spotřeba zemního plynu v KGJ	1 044	GJ

Tabulka 30: Bilance energií po opatření

B.5.4.2 Investiční náklady (odhad)

Investiční náklady - kogenerace				
Název položky	Množství	Jedn.	Cena / m.j.	Celkem [Kč bez DPH]
Kogenerační jednotka TEDOM Micro T30	1	kpl	820 000	820 000
Montáž, zapojení, doprava	1	kpl	328 000	328 000
Odvod spalin	15	bm	12 000	180 000
Přípojka plynu	60	m	2 500	150 000
Projekční práce	1	kpl	150 000	150 000
Rezerva	1	kpl	330 000	330 000
Celkem bez DPH				1 958 000

Tabulka 30: Investiční náklady KGJ

B.5.4.3 Ekonomická bilance

Jednotková cena plynu pro kogenerační jednotku byla odhadnuta ve výši 1 280 Kč/MWh. Do ekonomické bilance KGJ je nutné také započíst poplatky za lokální spotřebu a také provozní náklady na údržbu a servis jednotky. Byl proveden odhad servisních nákladů na údržbu a případnou opravu KGJ.

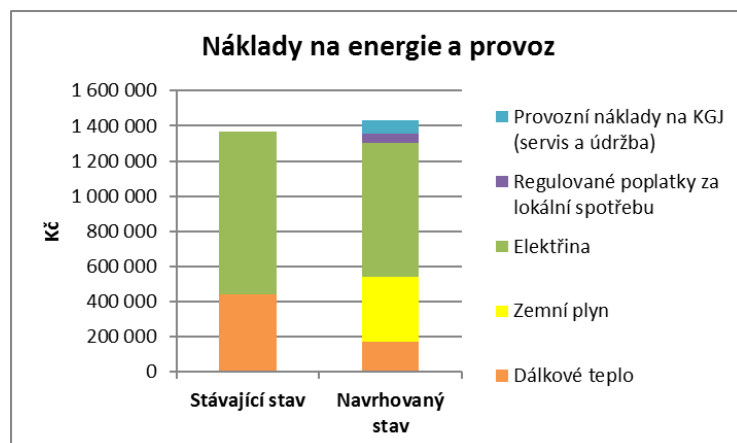
Provozní náklady na KGJ		
Kogenerační jednotka	TEDOM Micro T30	
Servisní náklady na vyrobenou MWh	25,0	Kč/mth

Tabulka 31: Provozní náklady KGJ

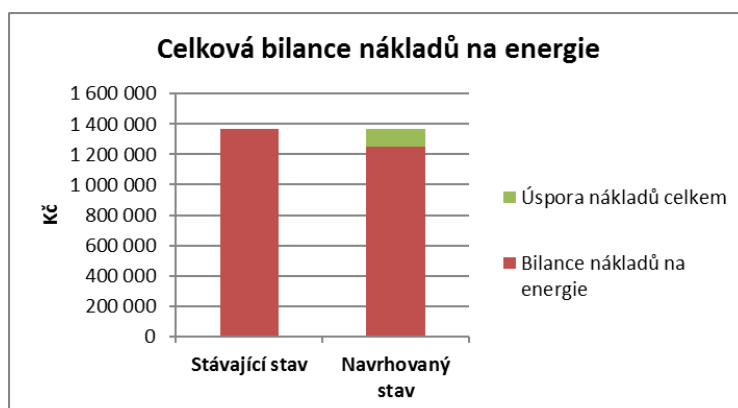
Do bilance byla zohledněna bonifikace zelenými bonusy o jejichž výši a podmínkách udělení rozhoduje Energetický regulační úřad (ERÚ). Instalovaná KGJ bude v provozu 3 000 hod/rok a má menší výkon než 200 kW. Ve výpočtu je brána cena 2 035 Kč/MWh (cena je uvedena pro rok 2016).

Roční ekonomická bilance			
	Stávající stav	Navrhovaný stav	
Celková investice na pořízení KGJ	---	1 958 000	Kč
Náklady na energie celkem	1 368 089	1 303 404	Kč
<i>Dálkové teplo</i>	442 619	172 565	Kč
<i>Zemní plyn</i>		371 375	Kč
<i>Elektřina</i>	925 470	759 464	Kč
Ostatní náklady celkem	0	130 037	Kč
<i>Regulované poplatky za lokální spotřebu</i>	0	54 812	Kč
<i>Provozní náklady na KGJ (servis a údržba)</i>	0	75 225	Kč
Výnosy celkem	0	183 699	Kč
<i>Tržby za prodej elektřiny</i>	0	0	Kč
<i>Zelené bonusy</i>	0	183 699	Kč
<i>Příspěvek za decentralní výrobu</i>	0	0	Kč
Bilance nákladů na energie	1 368 089	1 249 741	Kč
Úspora nákladů celkem	---	118 348	Kč
Prostá návratnost instalace KGJ	---	16,5	roky

Tabulka 32: Ekonomická bilance před a po realizaci opatření



Graf 21: Ekonomická bilance úsporného opatření



Graf 22: Bilance nákladů na energie úsporného opatření

Opatření	Stávající stav	Realizace opatření
Spotřeba energie [MWh/rok]	809	822
Roční náklady [tis. Kč/rok]	1 368	1 250
Úspora energie [MWh/rok]	–	-13
Úspora nákladů na energie [tis. Kč/rok]	–	64,7
Úspora provozních nákladů [tis. Kč/rok]	–	54
Odhad investic [tis. Kč]	–	1 958
Reálná doba návratnosti [roky]	–	17,0

Tabulka 33: Roční úspory opatření

B.5.5 KOMBINOVANÁ VÝROBA ELEKTŘINY A TEPLA (KVET) S VLIVEM FVE

Opatření č. 5 zahrnuje synergický efekt kombinované výroby elektřiny a tepla spolu s výrobou elektrické energie pomocí fotovoltaické elektrárny umístěné na střeše budovy. Jedná se o výhodné řešení, kdy účinnost FVE je během zimních měsíců nízká a spotřeba elektrické energie bude krytá primárně kogenerační jednotkou. Vzhledem k zimnímu provozu KGJ bude letní spotřeba EE krytá výrobou fotovoltaickou elektrárnou.

B.5.5.1 Roční úspory energií

Roční bilance energií - STÁVAJÍCÍ STAV		
Elektrická energie		
Spotřeba elektřiny	1 741	GJ
Vyrobená elektřina	0	GJ
Prodaná elektřina	0	GJ
Nakoupená elektřina	1 741	GJ
Tepelná energie na výstupu ze zdroje tepla		
Spotřeba tepla	1 101	GJ
Teplo SZTE	1 101	GJ
Vyrobené teplo v kogenerační jednotce	0	GJ
Tepelná energie v palivu		
Účinnost předání SZTE	100	%
Účinnost výroby tepla v KGJ	0	%
Spotřeba tepla a zemního plynu	1 101	GJ
Spotřeba SZTE	1 101	GJ
Spotřeba zemního plynu v KGJ	0	GJ

Tabulka 34: Bilance energií před opatřením

Roční bilance energií - NAVRHOVANÝ STAV		
Elektrická energie		
Spotřeba elektřiny	1 741	GJ
Vyrobená elektřina pro vlastní spotřebu	325	GJ
Prodaná elektřina	0	GJ
Nakoupená elektřina	1 416	GJ
Tepelná energie na výstupu ze zdroje tepla		
Spotřeba tepla	1 101	GJ
Teplo SZTE	429	GJ
Vyrobené teplo v kogenerační jednotce	672	GJ
Tepelná energie v palivu		
Účinnost předání SZTE	100	%
Účinnost výroby tepla v KGJ	64	%
Spotřeba tepla a zemního plynu	1 044	GJ
Spotřeba SZTE	429	GJ
Spotřeba zemního plynu v KGJ	1 044	GJ

Tabulka 35: Bilance energií po opatření

B.5.5.2 Investiční náklady (odhad)

Investiční náklady na pořízení KGJ zůstávají stejné jako v předešlém opatření, viz 56B.5.4.2.

B.5.5.3 Ekonomická bilance

Jednotková cena plynu pro kogenerační jednotku byla odhadnuta ve výši 1 280 Kč/MWh. Do ekonomické bilance KGJ je nutné také započíst poplatky za lokální spotřebu a také provozní náklady na údržbu a servis jednotky. Byl proveden odhad servisních nákladů na údržbu a případnou opravu KGJ.

Provozní náklady na KGJ		
Kogenerační jednotka	TEDOM Micro T30	
Servisní náklady na vyrobenou MWh	25,0	Kč/mth

Tabulka 36: Provozní náklady KGJ

Roční ekonomická bilance			
	Stávající stav	Navrhovaný stav	
Celková investice na pořízení KGJ	---	1 958 000	Kč
Náklady na energie celkem	1 332 076	1 267 390	Kč
<i>Dálkové teplo</i>	442 619	172 565	Kč
<i>Zemní plyn</i>		371 375	Kč
<i>Elektřina</i>	889 457	723 450	Kč
Ostatní náklady celkem	0	130 037	Kč
<i>Regulované poplatky za lokální spotřebu</i>	0	54 812	Kč
<i>Provozní náklady na KGJ (servis a údržba)</i>	0	75 225	Kč
Výnosy celkem	0	183 699	Kč
<i>Tržby za prodej elektřiny</i>	0	0	Kč
<i>Zelené bonusy</i>	0	183 699	Kč
<i>Příspěvek za decentralní výrobu</i>	0	0	Kč
Bilance nákladů na energie	1 332 076	1 213 728	Kč
Úspora nákladů celkem	---	118 348	Kč
Prostá návratnost instalace KGJ	---	16,5	roky

Tabulka 37: Roční ekonomická bilance před a po realizaci opatření

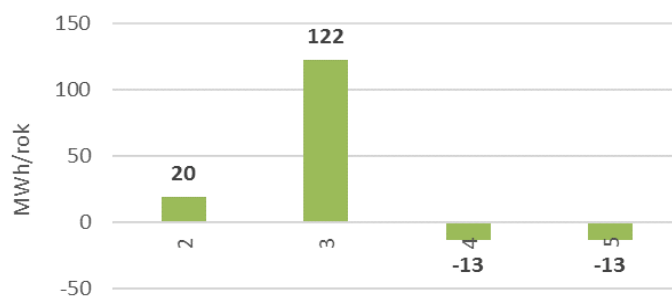
B.6 POROVNÁNÍ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ

Porovnání navržených opatření je provedeno pomocí základních kritérií, jako je úspora energie, úspora finančních nákladů, předpokládané investice a prostá doba návratnosti. V prosté době návratnosti není uvažován nárůst ceny energií ani jiné faktory, které ovlivňují reálnou dobu návratnosti.

Č. op.	Opatření	Konečná spotřeba energie	Úspora energie	Úspora nákladů na energie	Celková úspora nákladů	Odhad investic	Prostá doba návratnosti
		[MWh]	[MWh/rok]	[tis. Kč/rok]	[tis. Kč/rok]	[tis. Kč]	[roky]
0	Stávající stav	809	—	—	—	—	—
1	Organizační opatření	801	8	14	13,7	—	—
2	Instalace fotovoltaických panelů	789	20	36	36,0	500	13,9
3	Instalace TČ vzduch/voda	687	122	105	105,5	2 950	28,0
4	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET) bez vlivu FVE	822	-13	65	118,3	1 958	16,5
5	Kombinovaná výroba elektřiny a tepla (KVET) s vlivem FVE	803	-13	65	118,3	1 958	16,5

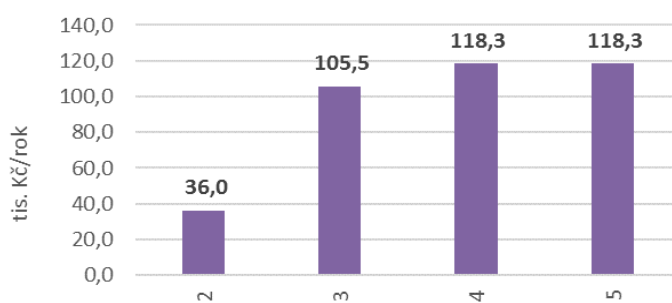
Tabulka 38: Tabulkové porovnání úsporných opatření

Grafické porovnání navržených opatření podle úspor energie



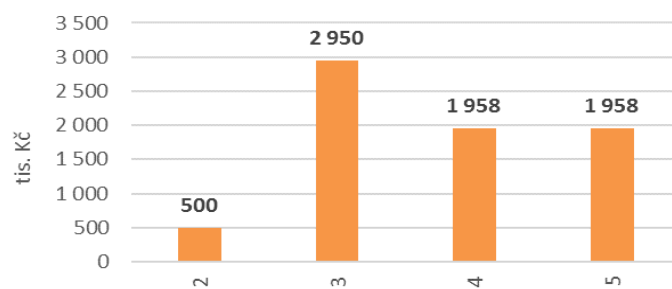
Graf 23: Porovnání dle úspor energie

Grafické porovnání navržených opatření podle celkové úspory nákladů



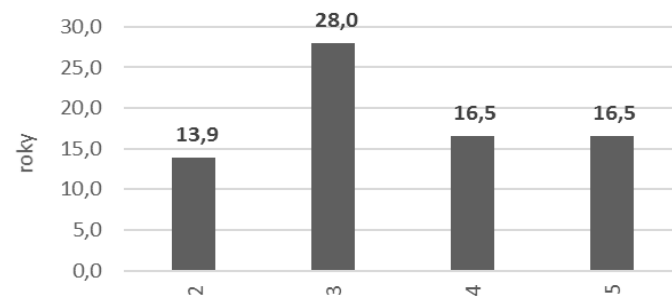
Graf 24: porovnání dle úspor nákladů

Grafické porovnání navržených opatření podle investičních nákladů



Graf 25: Porovnání dle investičních nákladů

Grafické porovnání navržených opatření podle prosté doby návratnosti



Graf 26: Porovnání dle prosté doby návratnosti

B.7 HODNOCENÍ VARIANT REALIZACE

Z jednotlivých opatření uvedených v kapitole výše jsou navrženy dvě varianty. Každá z nich obsahuje minimálně jedno opatření. Varianty budou vyhodnoceny jak ekonomicky, tak ekologicky.

B.7.1 VARIANTA 1

Varianta 1 se skládá z opatření instalace kombinované výroby elektřiny a tepla pro vlastní spotřebu.

B.7.1.1 Opatření varianty

- Instalace kogenerační jednotky o výkonu 30 kW v souladu s opatřením 4

B.7.1.2 Základní parametry varianty

Varianta 1	Stávající stav	Realizace varianty
Spotřeba energie [MWh/rok]	809	822
Roční náklady [tis. Kč]	1 368	1 250
Úspora energie [MWh/rok]	–	-13,3
Celková úspora nákladů [tis. Kč/rok]	–	118,3
Úspora nákladů na energie [tis. Kč/rok]	z toho	64,7
Úspora provozních nákladů [tis. Kč/rok]	z toho	53,7
Odhad investic [tis. Kč]	–	1 958,0
Reálná doba návratnosti [roky]	–	17

Tabulka 39: Úspory varianty 1

B.7.1.3 Energetická bilance varianty

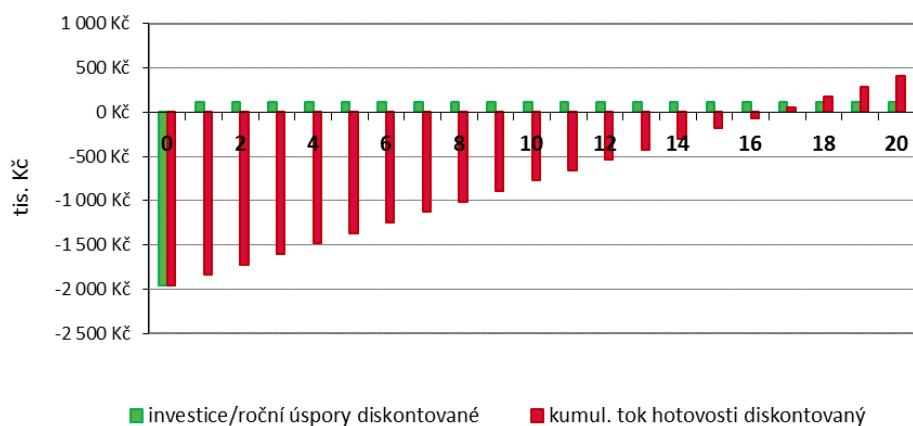
Soupis základních údajů o energetických vstupech							Varianta 1	
řádek	Po realizaci projektu - VARIANTA 1, v cenách roku 2016							
	Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč	Přínosy MWh	Přínosy tis. Kč
1	Elektřina	MWh	412,98	3,60	413,0	759,4	90,3	166,0
2	Teplo	GJ	429,15	1,00	119,2	172,6	186,6	270,0
3	Zemní plyn	MWh	322,02	3,24	290,1	371,4	-290,1	-371,4
4	Jiné plyny	MWh	0,00	3,60	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Hnědé uhlí	t	0,00	17,60	0,0	0,0	0,0	0,0
6	Černé uhlí	t	0,00	24,35	0,0	0,0	0,0	0,0
7	Koks	t	0,00	28,29	0,0	0,0	0,0	0,0
8	Jiná pevná paliva	t	0,00	15,00	0,0	0,0	0,0	0,0
9	TO	t	0,00	46,34	0,0	0,0	0,0	0,0
10	TOEL	t	0,00	42,30	0,0	0,0	0,0	0,0
11	Druhotné zdroje	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Obnovitelné zdroje	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
13	Jiná paliva	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
14	Celkem vstupy paliv a energie				822,3	1 303,4	-13,3	64,7
15	Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,0	0,0	0,0	0,0
16	Celkem spotřeba paliv a energie				822,3	1 303,4	-13,3	64,7

Tabulka 40: Energetická bilance Varianty 1

B.7.1.4 Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení		Varianta 1	
ř.	Parametr	Hodnota	
Investiční výdaje projektu			
1	Investiční výdaje projektu celkem	1 958	tis. Kč
z toho:			
1a	Náklady na přípravu projektu	0	tis. Kč
1b	Náklady na technologická zařízení a stavbu	0	tis. Kč
1c	Náklady na přípojky	0	tis. Kč
Současné provozní náklady			
2	Provozní náklady celkem	0	tis. Kč
Přínosy projektu			
3	Změna nákladů na energii	65	tis. Kč
4	Změna ostatních provozních nákladů	54	tis. Kč
z toho:			
4a	Změna nákladů na opravu a údržbu ¹	0	tis. Kč
4b	Změna osobních nákladů (mzdy, pojistné)	0	tis. Kč
4c	Změna ostatních provozních nákladů ²	54	tis. Kč
4d	Změna nákladů na emise a odpady	0	tis. Kč
4e	Změna tržeb (za teplo, elektřinu, OZE)	0	tis. Kč
5	Přínosy projektu celkem	118	tis. Kč
Ekonomické vyhodnocení			
6	Doba hodnocení - životnost projektu	20	let
7	Diskontní míra - hodnota peněz	3,0%	ročně
8	Růst ceny energií	3,0%	ročně
9	Doba návratnosti reálná	17,0	roků
10	Čistá současná hodnota NPV - zisk na konci životnosti projektu	409	tis. Kč
11	Vnitřní výnosové procento IRR	1,9%	

Tabulka 41: Ekonomické hodnocení Varianty 1

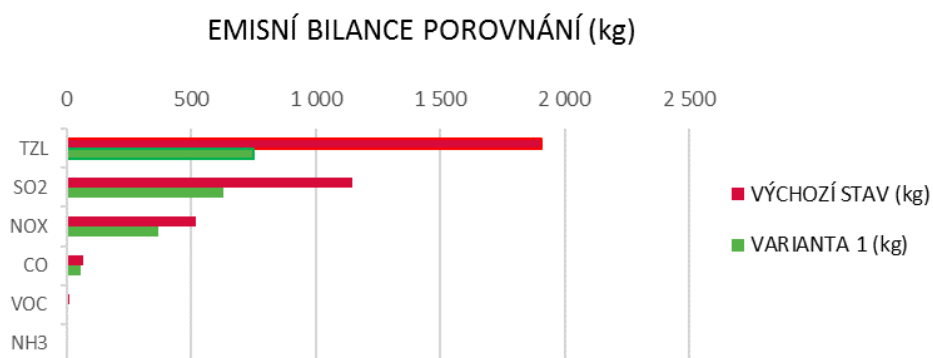


Graf 27: Doba návratnosti Varianty 1

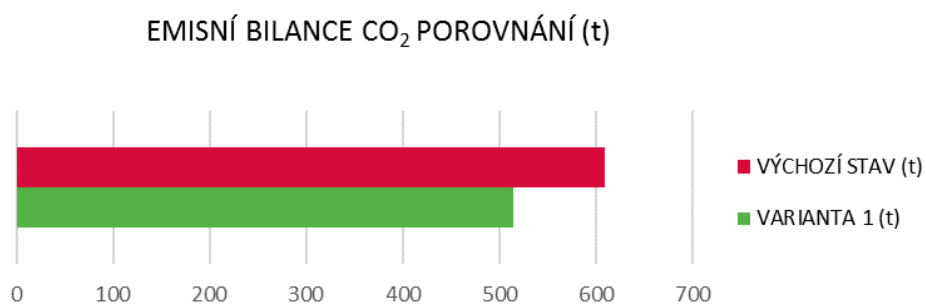
B.7.1.5 Ekologické hodnocení

Emisní bilance – globální hodnocení		Varianta 1		
Bilance znečišťujících látek celkem		VÝCHOZÍ STAV (t)	NÁVRH (t)	PŘÍNOS (t)
EPS	$EPS = ((1 \times TZL) + (0,88 \times NO_x) + (0,54 \times SO_2) + (0,64 \times NH_3))$	2,9818	1,4130	1,5689
TZL	tuhé znečišťující látky	1,9057	0,7516	1,1541
PM ₁₀	tuhé znečišťující látky, frakce velikost částic 0 - 10 µm	0,6667	0,2606	0,4062
PM _{2,5}	tuhé znečišťující látky, frakce velikost částic 0 - 2,5 µm	0,2081	0,0866	0,1216
SO ₂	oxid siřičitý	1,1457	0,6291	0,5166
NO _x	oxidy dusíku	0,5198	0,3655	0,1543
CO	oxid uhelnatý	0,0655	0,0540	0,0114
VOC	těkavé uhlovodíky	0,0086	0,0058	0,0027
NH ₃	amoniak	0,0000	0,0000	0,0000
CO ₂	oxid uhličitý	605,1940	513,1018	92,0922

Tabulka 42: Ekologická bilance Varianty 1



Graf 28: Emisní bilance Varianty 1



Graf 29: Emisní bilance CO₂ Varianty 1

B.7.1.6 Upravená roční energetická bilance

řádek	Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu		Přínosy projektu	
		Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady
		(MWh)	(tis. Kč)	(MWh)	(tis. Kč)	(MWh)	(tis. Kč)
1	Vstupy paliv a energie	809,0	1 368,0	822,3	1 303,4	-13,3	64,7
2	Změna zásob paliv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Spotřeba paliv a energie (ř.1 + ř.2)	809,0	1 368,0	822,3	1 303,4	-13,3	64,7
4	Prodej energie cizím	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3-ř.4)	809,0	1 368,0	822,3	1 303,4	-13,3	64,7
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech (z ř.5)	33,9	49,0	13,2	19,1	20,7	29,9
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	257,8	373,2	100,5	145,5	157,3	227,7
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř.5)	84,1	154,6	69,0	126,9	15,1	27,7
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	48,0	69,4	18,7	27,1	29,3	42,4
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	149,4	274,7	122,6	225,4	26,8	49,3
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	87,7	161,3	72,0	132,4	15,7	28,9
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)	182,1	334,8	439,5	646,1	-257,5	-311,3

Tabulka 43: Roční bilance Varianty 1

B.7.2 VARIANTA 2

Varianta 2 se skládá z jednotlivých opatření pro dosažení optimálních ekonomických parametrů.

B.7.2.1 Opatření varianty

- Instalace fotovoltaické elektrárny na střechu budovy v souladu s opatřením 2
- Instalace kogenerační jednotky o výkonu 30 kW v souladu s opatřením 5

B.7.2.2 Základní parametry varianty

Varianta 2	Stávající stav	Realizace varianty
Spotřeba energie [MWh/rok]	809	803
Roční náklady [tis. Kč]	1 368	1 214
Úspora energie [MWh/rok]	–	6,3
Celková úspora nákladů [tis. Kč/rok]	–	154,3
Úspora nákladů na energie [tis. Kč/rok]	z toho	100,7
Úspora provozních nákladů [tis. Kč/rok]	z toho	53,7
Odhad investic [tis. Kč]	–	2 458,0
Reálná doba návratnosti [roky]	–	16

Tabulka 44: Úspory Varianty 2

B.7.2.3 Energetická bilance varianty

Soupis základních údajů o energetických vstupech							Varianta 2	
řádek	Po realizaci projektu - Varianta 2, v cenách roku 2016							
	Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč	Přínosy MWh	Přínosy tis. Kč
1	Elektřina	MWh	393,40	3,60	393,4	723,4	109,9	202,0
2	Teplo	GJ	429,15	1,00	119,2	172,6	186,6	270,0
3	Zemní plyn	MWh	322,02	3,24	290,1	371,4	-290,1	-371,4
4	Jiné plyny	MWh	0,00	3,60	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Hnědé uhlí	t	0,00	17,60	0,0	0,0	0,0	0,0
6	Černé uhlí	t	0,00	24,35	0,0	0,0	0,0	0,0
7	Koks	t	0,00	28,29	0,0	0,0	0,0	0,0
8	Jiná pevná paliva	t	0,00	15,00	0,0	0,0	0,0	0,0
9	TO	t	0,00	46,34	0,0	0,0	0,0	0,0
10	TOEL	t	0,00	42,30	0,0	0,0	0,0	0,0
11	Druhotné zdroje	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Obnovitelné zdroje	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
13	Jiná paliva	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
14	Celkem vstupy paliv a energie				802,7	1 267,4	6,3	100,7
15	Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,0	0,0	0,0	0,0
16	Celkem spotřeba paliv a energie				802,7	1 267,4	6,3	100,7

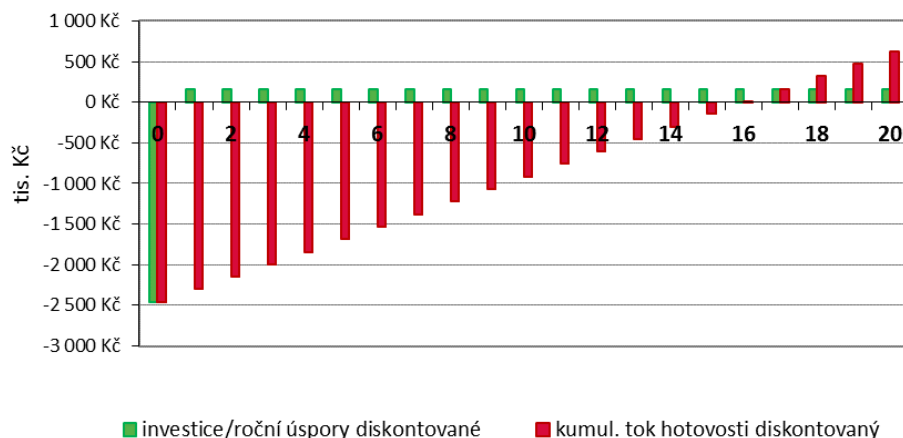
* POZNÁMKA, vycházíme z VÝCHOZÍHO STAVU

Tabulka 45: Energetická bilance Varianty 2

B.7.2.4 Ekonomické hodnocení

Ekonomické hodnocení		Varianta 2	
ř.	Parametr	Hodnota	
Investiční výdaje projektu			
1	Investiční výdaje projektu celkem	2 458	tis. Kč
z toho:			
1a	Náklady na přípravu projektu	0	tis. Kč
1b	Náklady na technologická zařízení a stavbu	0	tis. Kč
1c	Náklady na přípojky	0	tis. Kč
Současné provozní náklady			
2	Provozní náklady celkem	0	tis. Kč
Přínosy projektu			
3	Změna nákladů na energii	101	tis. Kč
4	Změna ostatních provozních nákladů	54	tis. Kč
z toho:			
4a	Změna nákladů na opravu a údržbu ¹	0	tis. Kč
4b	Změna osobních nákladů (mzdy, pojistné)	0	tis. Kč
4c	Změna ostatních provozních nákladů ²	54	tis. Kč
4d	Změna nákladů na emise a odpady	0	tis. Kč
4e	Změna tržeb (za teplo, elektřinu, OZE)	0	tis. Kč
5	Přínosy projektu celkem	154	tis. Kč
Ekonomické vyhodnocení			
6	Doba hodnocení - životnost projektu	20	let
7	Diskontní míra - hodnota peněz	3,0%	ročně
8	Růst ceny energií	3,0%	ročně
9	Doba návratnosti reálná	16,0	roků
10	Čistá současná hodnota NPV - zisk na konci životnosti projektu	629	tis. Kč
11	Vnitřní výnosové procento IRR	2,3%	

Tabulka 46: Ekonomické hodnocení Varianty 2



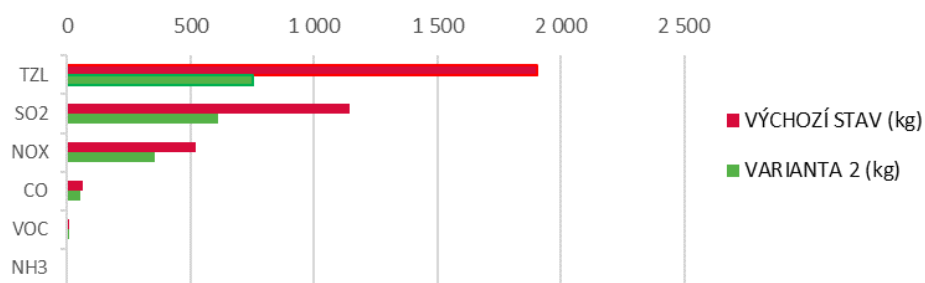
Graf 30: Doba návratnosti Varianty 2

B.7.2.5 Ekologické hodnocení

Emisní bilance – globální hodnocení		Varianta 2		
Bilance znečišťujících látek celkem		VÝCHOZÍ STAV (t)	NÁVRH (t)	PŘÍNOS (t)
EPS	$EPS = ((1 \times TZL) + (0,88 \times NO_x) + (0,54 \times SO_2) + (0,64 \times NH_3))$	2,9818	1,3936	1,5882
TZL	tuhé znečišťující látky	1,9057	0,7509	1,1548
PM ₁₀	tuhé znečišťující látky, frakce velikost částic 0 - 10 µm	0,6667	0,2606	0,4062
PM _{2,5}	tuhé znečišťující látky, frakce velikost částic 0 - 2,5 µm	0,2081	0,0861	0,1220
SO ₂	oxid siřičitý	1,1457	0,6126	0,5331
NO _x	oxidy dusíku	0,5198	0,3544	0,1654
CO	oxid uhelnatý	0,0655	0,0524	0,0131
VOC	těkavé uhlovodíky	0,0086	0,0058	0,0028
NH ₃	amoniak	0,0000	0,0000	0,0000
CO ₂	oxid uhličitý	605,1940	493,3008	111,8932

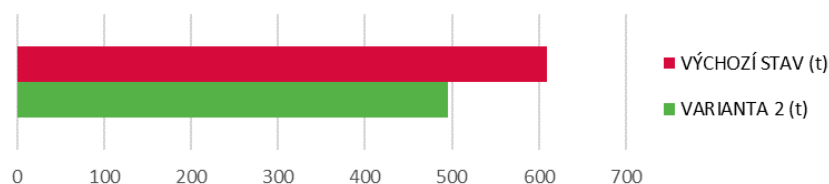
Tabulka 47: Ekologické hodnocení Varianty 2

EMISNÍ BILANCE POROVNÁNÍ (kg)



Graf 31: Emisní bilance Varianty 2

EMISNÍ BILANCE CO₂ POROVNÁNÍ (t)



Graf 32: Emisní bilance CO₂ Varianty 2

B.7.2.6 Upravená roční energetická bilance

řádek	Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu		Přínosy projektu	
		Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady
		(MWh)	(tis. Kč)	(MWh)	(tis. Kč)	(MWh)	(tis. Kč)
1	Vstupy paliv a energie	809,0	1 368,0	802,7	1 267,4	6,3	100,7
2	Změna zásob paliv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Spotřeba paliv a energie (ř.1 + ř.2)	809,0	1 368,0	802,7	1 267,4	6,3	100,7
4	Prodej energie cizím	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3-ř.4)	809,0	1 368,0	802,7	1 267,4	6,3	100,7
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech (z ř.5)	33,9	49,0	13,2	19,1	20,7	29,9
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	257,8	373,2	100,5	145,5	157,3	227,7
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř.5)	84,1	154,6	65,7	120,9	18,4	33,8
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	48,0	69,4	18,7	27,1	29,3	42,4
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	149,4	274,7	116,8	214,7	32,6	60,0
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	87,7	161,3	68,6	126,1	19,1	35,2
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)	182,1	334,8	432,5	633,1	-250,4	-298,3

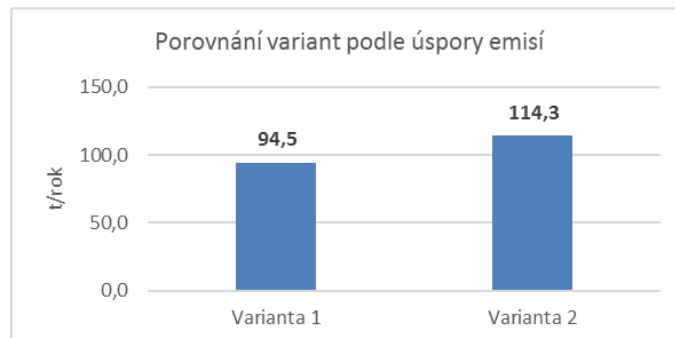
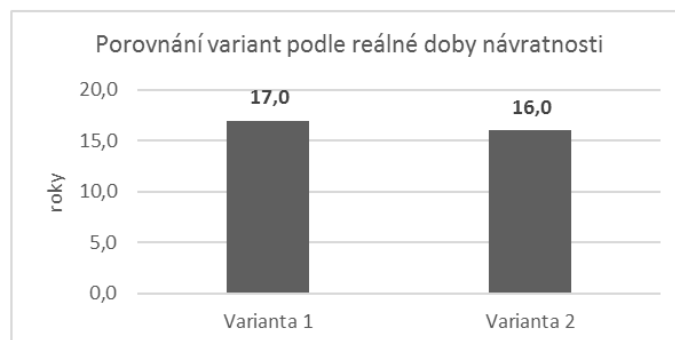
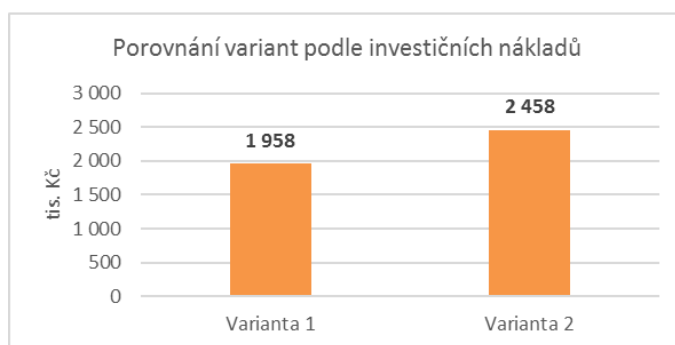
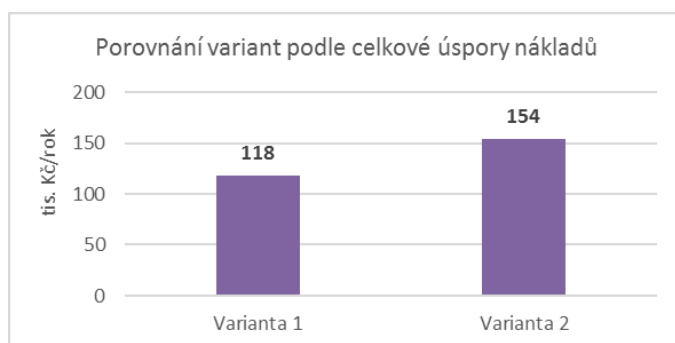
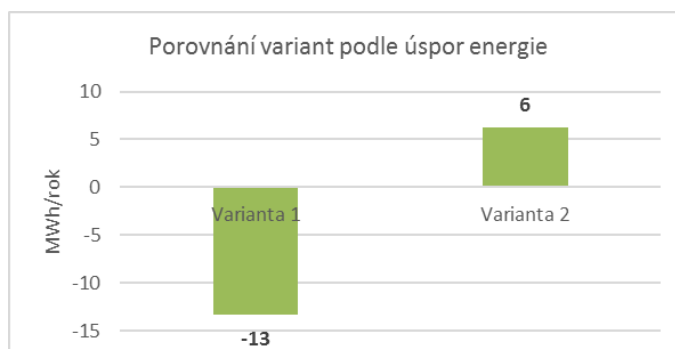
Tabulka 48: Energetická bilance Varianty 2

B.8 VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Výběr optimální varianty je proveden na základě výsledků ekonomického vyhodnocení s ohledem na velikost úspory energie a ekologického vyhodnocení.

Porovnání variant	Úspora energie [MWh/rok]	Celková úspora nákladů [tis.Kč/rok]	Celková úspora emisí [t/rok]	Odhad investic [tis.Kč/rok]	NPV [tis.Kč]	IRR [%]	Reálná doba návratnosti [roky]	Koncepčnost [-]	Míra nejistoty výsledků [-]
Stávající stav	–	–	–	–	–	–	–	–	–
Varianta 1	-13	118	94,5	1 958	409	1,9%	17,0		
Varianta 2	6	154	114,3	2 458	629	2,3%	16,0		
Realizace varianty 1	-	-	-	+	-	-	-	-	+
Realizace varianty 2	+	+	+	-	+	+	+	+	-

Tabulka 49: Porovnání navržených variant



Graf 33: Porovnání navržených variant

B.9 DOPORUČENÍ ENERGETICKÉHO SPECIALISTY

B.9.1 POPIS OPTIMÁLNÍ VARIANTY

V souladu s výběrem optimální varianty v kapitole B.7. doporučuji k realizaci VARIANTU č. 2, která se skládá z následujících opatření:

- Instalace fotovoltaické elektrárny na střechu budovy v souladu s opatřením 2
- Instalace kogenerační jednotky o výkonu 30 kW v souladu s opatřením 5

B.9.2 ROČNÍ ÚSPORY ENERGIE OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Varianta 2	Stávající stav	Realizace varianty
Spotřeba energie [MWh/rok]	809	803
Roční náklady [tis. Kč]	1 368	1 214
Úspora energie [MWh/rok]	–	6,3
Celková úspora nákladů [tis. Kč/rok]	–	154,3
Úspora nákladů na energie [tis. Kč/rok]	z toho	100,7
Úspora provozních nákladů [tis. Kč/rok]	z toho	53,7
Odhad investic [tis. Kč]	–	2 458,0
Reálná doba návratnosti [roky]	–	16

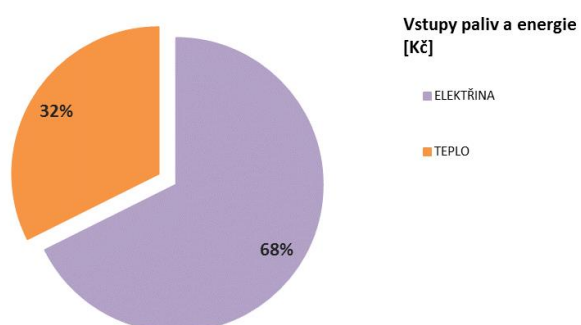
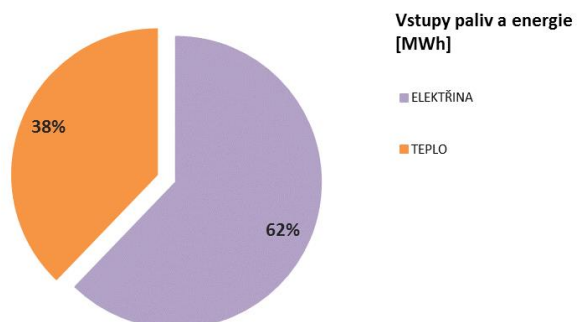
Tabulka 50: Úspory optimální varianty

B.9.3 ENERGETICKÁ BILANCE OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Soupis základních údajů o energetických vstupech							Varianta 2	
řádek	Po realizaci projektu - Varianta 2, v cenách roku 2016							
	Vstupy paliv a energie	Jednotka	Množství	Výhřevnost GJ/jednotku	Přepočet na MWh	Roční náklady v tis. Kč	Přínosy MWh	Přínosy tis. Kč
1	Elektřina	MWh	393,40	3,60	393,4	723,4	109,9	202,0
2	Teplo	GJ	429,15	1,00	119,2	172,6	186,6	270,0
3	Zemní plyn	MWh	322,02	3,24	290,1	371,4	-290,1	-371,4
4	Jiné plyny	MWh	0,00	3,60	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Hnědé uhlí	t	0,00	17,60	0,0	0,0	0,0	0,0
6	Černé uhlí	t	0,00	24,35	0,0	0,0	0,0	0,0
7	Koks	t	0,00	28,29	0,0	0,0	0,0	0,0
8	Jiná pevná paliva	t	0,00	15,00	0,0	0,0	0,0	0,0
9	TO	t	0,00	46,34	0,0	0,0	0,0	0,0
10	TOEL	t	0,00	42,30	0,0	0,0	0,0	0,0
11	Druhotné zdroje	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Obnovitelné zdroje	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
13	Jiná paliva	GJ	0,00	1,00	0,0	0,0	0,0	0,0
14	Celkem vstupy paliv a energie				802,7	1 267,4	6,3	100,7
15	Změna stavu zásob paliv (inventarizace)				0,0	0,0	0,0	0,0
16	Celkem spotřeba paliv a energie				802,7	1 267,4	6,3	100,7

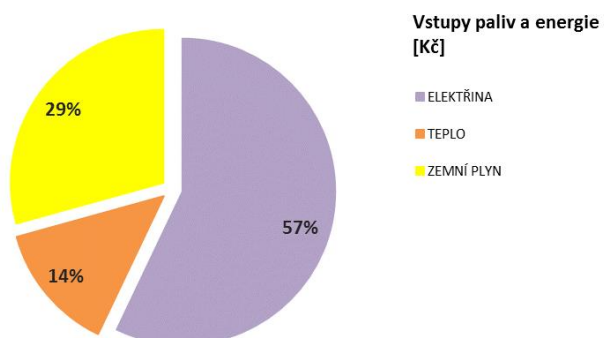
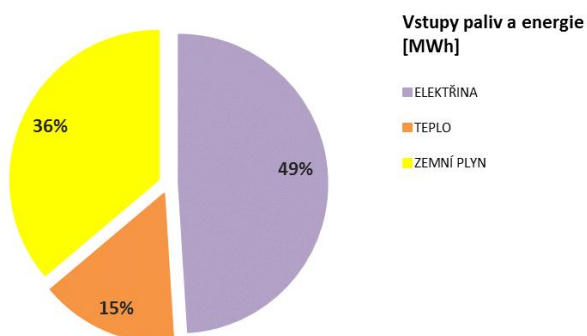
Tabulka 51: Energetická bilance optimální varianty

Energetická bilance VÝCHOZÍHO STAVU:



Graf 34: Vstupy paliv a energie v MWh a Kč, výchozí stav

Energetická bilance OPTIMÁLNÍ VARIANTY:



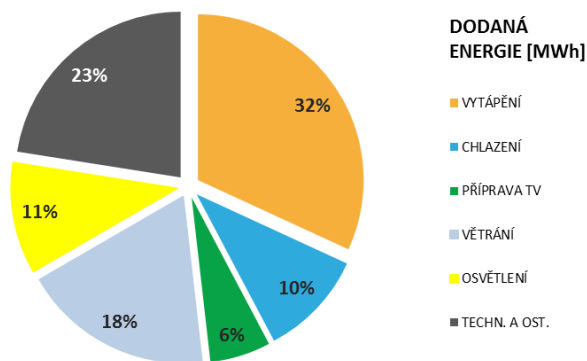
Graf 35: Vstupy paliv a energie v MWh a Kč, optimální varianta

B.9.4 UPRAVENÁ ENERGETICKÁ BILANCE PRO OPTIMÁLNÍ VARIANTU

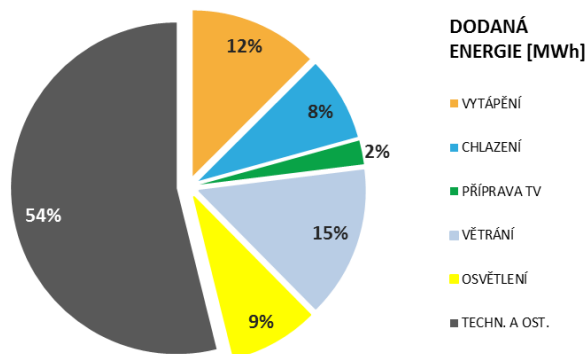
řádek	Ukazatel	Před realizací projektu		Po realizaci projektu		Přínosy projektu	
		Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady
		(MWh)	(tis. Kč)	(MWh)	(tis. Kč)	(MWh)	(tis. Kč)
1	Vstupy paliv a energie	809,0	1 368,0	802,7	1 267,4	6,3	100,7
2	Změna zásob paliv	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
3	Spotřeba paliv a energie (ř.1 + ř.2)	809,0	1 368,0	802,7	1 267,4	6,3	100,7
4	Prodej energie cizím	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
5	Konečná spotřeba paliv a energie (ř.3-ř.4)	809,0	1 368,0	802,7	1 267,4	6,3	100,7
6	Ztráty ve vlastním zdroji a rozvodech (z ř.5)	33,9	49,0	13,2	19,1	20,7	29,9
7	Spotřeba energie na vytápění (z ř.5)	257,8	373,2	100,5	145,5	157,3	227,7
8	Spotřeba energie na chlazení (z ř.5)	84,1	154,6	65,7	120,9	18,4	33,8
9	Spotřeba energie na přípravu teplé vody (z ř.5)	48,0	69,4	18,7	27,1	29,3	42,4
10	Spotřeba energie na větrání (z ř.5)	149,4	274,7	116,8	214,7	32,6	60,0
11	Spotřeba energie na úpravu vlhkosti (z ř.5)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
12	Spotřeba energie na osvětlení (z ř.5)	87,7	161,3	68,6	126,1	19,1	35,2
13	Spotřeba energie na technologické a ostatní procesy (z ř.5)	182,1	334,8	432,5	633,1	-250,4	-298,3

Tabulka 52: Energetická bilance optimální varianty

Energetická bilance VÝCHOZÍHO STAVU:



Energetická bilance OPTIMÁLNÍ VARIANTY:

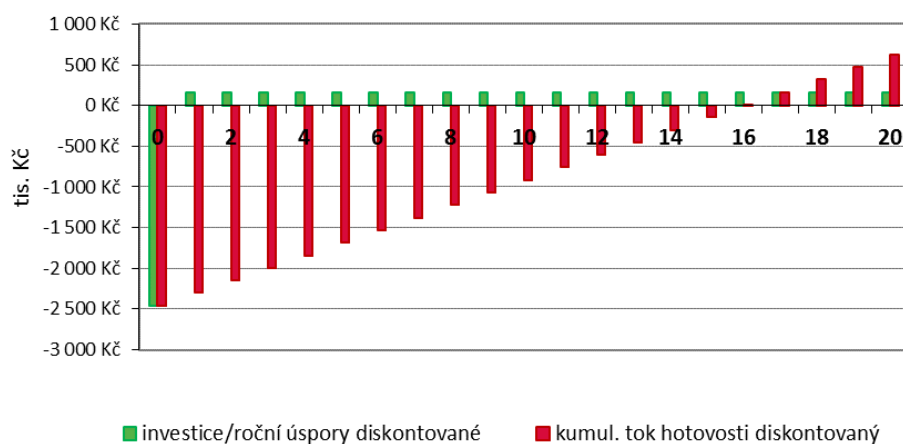


Graf 36: Energetická bilance dodané energie

B.9.5 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Ekonomické hodnocení		Varianta 2	
ř.	Parametr	Hodnota	
Investiční výdaje projektu			
1	Investiční výdaje projektu celkem	2 458	tis. Kč
z toho:			
1a	Náklady na přípravu projektu	0	tis. Kč
1b	Náklady na technologická zařízení a stavbu	0	tis. Kč
1c	Náklady na přípojky	0	tis. Kč
Současné provozní náklady			
2	Provozní náklady celkem	0	tis. Kč
Přínosy projektu			
3	Změna nákladů na energii	101	tis. Kč
4	Změna ostatních provozních nákladů	54	tis. Kč
z toho:			
4a	Změna nákladů na opravu a údržbu ¹	0	tis. Kč
4b	Změna osobních nákladů (mzdy, pojistné)	0	tis. Kč
4c	Změna ostatních provozních nákladů ²	54	tis. Kč
4d	Změna nákladů na emise a odpady	0	tis. Kč
4e	Změna tržeb (za teplo, elektřinu, OZE)	0	tis. Kč
5	Přínosy projektu celkem	154	tis. Kč
Ekonomické vyhodnocení			
6	Doba hodnocení - životnost projektu	20	let
7	Diskontní míra - hodnota peněz	3,0%	ročně
8	Růst ceny energií	3,0%	ročně
9	Doba návratnosti reálná	16,0	roků
10	Čistá současná hodnota NPV - zisk na konci životnosti projektu	629	tis. Kč
11	Vnitřní výnosové procento IRR	2,3%	

Tabulka 53: Ekonomické hodnocení optimální varianty



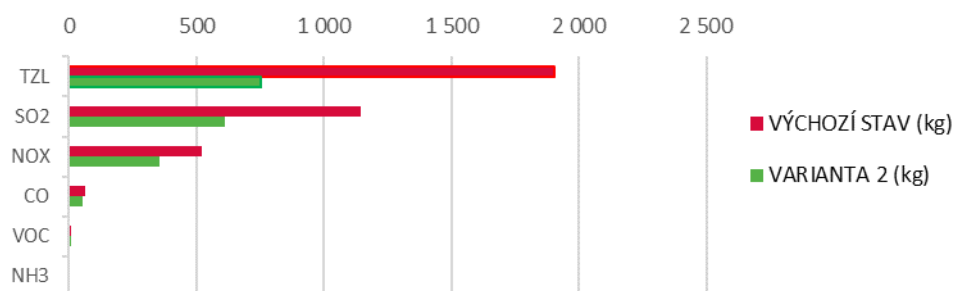
Graf 37: Doba návratnosti optimální varianty

B.9.6 EKOLOGICKÉ HODNOCENÍ OPTIMÁLNÍ VARIANTY

Emisní bilance – globální hodnocení		Varianta 2		
Bilance znečišťujících látek celkem		VÝCHOZÍ STAV (t)	NÁVRH (t)	PŘÍNOS (t)
EPS	$EPS = ((1 \times TZL) + (0,88 \times NO_x) + (0,54 \times SO_2) + (0,64 \times NH_3))$	2,9818	1,3936	1,5882
TZL	tuhé znečišťující látky	1,9057	0,7509	1,1548
PM ₁₀	tuhé znečišťující látky, frakce velikost částic 0 - 10 µm	0,6667	0,2606	0,4062
PM _{2,5}	tuhé znečišťující látky, frakce velikost částic 0 - 2,5 µm	0,2081	0,0861	0,1220
SO ₂	oxid siřičitý	1,1457	0,6126	0,5331
NO _x	oxidy dusíku	0,5198	0,3544	0,1654
CO	oxid uhelnatý	0,0655	0,0524	0,0131
VOC	těkavé uhlovodíky	0,0086	0,0058	0,0028
NH ₃	amoniak	0,0000	0,0000	0,0000
CO ₂	oxid uhličitý	605,1940	493,3008	111,8932

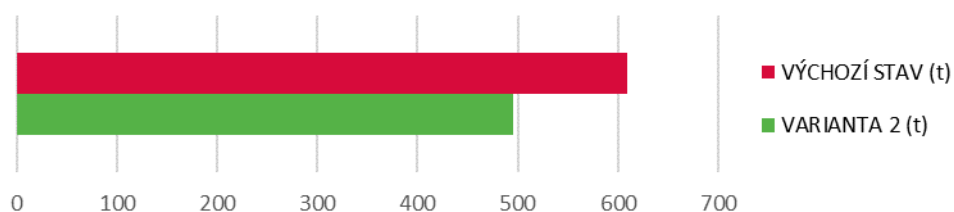
Tabulka 54: Ekologické hodnocení optimální varianty

EMISNÍ BILANCE POROVNÁNÍ (kg)



Graf 38: Emisní bilance optimální varianty

EMISNÍ BILANCE CO₂ POROVNÁNÍ (t)



Graf 39: Emisní bilance CO₂ optimální varianty

B.9.7 NÁVRH VHODNÉ KONCEPCE EnMS

Pro zlepšení systému managementu hospodaření s energií doporučuji realizovat následující:

- Sledovat data o spotřebě všech druhů energie a vody tak, aby bylo možné provádět plnohodnotný management;
- Založit nástroj pro evidenci spotřeb, který může být ve formě:
 - Tabulkových nástrojů (MS EXCEL, MS ACCESS apod.)
 - Komerčních SW určených přímo k výkonu energetického managementu
- Stanovení odpovědného pracovníka za energetický management
- Pravidelně konzultovat výstupy EnMS s externím specialistou, který může poskytnout potřebný nadhled.

B.10 EVIDENČNÍ LIST

Evidenční list energetického auditu							
podle zákona č.406/2000 Sb., o hospodaření energií, ve znění pozdějších předpisů					Evidenční číslo:		xxxxxx.y
1. IDENTIFIKAČNÍ ÚDAJE							
Vlastník předmětu energetického auditu:							
Název vlastníka:	Anonymní			IČ:	-		
Sídlo / adresa:	Anonymní						
Statutární orgán:	Anonymní			Funkce:	-		
Kontaktní osoba:	-	Tel:	-	Email:	-		
Předmět energetického auditu:							
Popis předmětu EA:	Předmětem energetického auditu jsou administrativní prostory v pronájmu společnosti. Užívané prostory zahrnují běžný provoz pro administrativní činnost, jako kanceláře, zasedací místnosti, kuchyňky						
Název:	-						
Adresa:	-						
Kontaktní osoba:	-	Tel:	-	Email:	-		
2. STÁVAJÍCÍ STAV PŘEDMĚTU EA							
1. Charakteristika hlavních činností:							
Předmětem energetického auditu jsou prostory pronajímané společností, která si přeje zůstat anonymitě. Objekt ve kterém se nachází předmět auditu je situován na periférii industriální části města Ostravy. Jedná se o komplex celkem tří budov, značený A1, A2 a A3. Předmět auditu se nachází v budově A2 na celkem třech podlažích. Objekty byly postaveny za účelem pronájmu cizím společností pro administrativní činnost.							
2. Vlastní zdroje energie:							
a) ZDROJE TEPLA	Počet zdrojů:	0	ks	b) ZDROJE ELEKTŘINY	Počet zdrojů:	0	ks
	Instalovaný výkon:	0	MW		Instalovaný výkon:	0	MW
	Výroba tepla:	0	MWh/rok		Výroba elektřiny:	0	MWh/rok
	Spotřeba paliva:	0	MWh/rok		Spotřeba paliva:	0	MWh/rok
c) KVĚT	Počet zdrojů:	0	ks	c) KVĚT	Roční výroba elektř.	0	MWh/rok
	Inst. výkon EE:	0	MW		Roční výroba tepla	0	MWh/rok
	Inst. výkon TEP.:	0	MW		Roční spotř. paliva	0	MWh/rok
d) DRUHY PRIMÁRNÍHO ZDROJE ENERGIE		druh OZE	-	druh DEZ		-	
		fosilní zdroje	SZTE - primárně černé uhlí				
3. Spotřeba energie							
Druh spotřeby	Spotřeba energie		Příkon		Energonositel		
Ztráty ve vl.zdrojích a rozvodech	33,857	MWh/rok			SZTE - palivový mix		
Vytápění	257,797	MWh/rok		MW	SZTE - palivový mix		
Chlazení	84,082	MWh/rok		MW	Elektrická energie		
Příprava TV	47,969	MWh/rok		MW	SZTE - palivový mix		
Větrání	149,378	MWh/rok		MW	Elektrická energie		
Úprava vlhkosti	0,000	MWh/rok		MW	-		
Osvětlení	87,721	MWh/rok		MW	Elektrická energie		
Technologie	182,066	MWh/rok		MW	Elektrická energie		
CELKEM	809,012	MWh/rok	0,00	MW			

3. DOPORUČENÁ VARIANTA NAVRHOVANÝCH OPATŘENÍ						
1. Popis doporučených opatření						
- Instalace FV eletrárny (20kWp) na střechu budovy v souladu s opatřením 2						
- Instalace kogenerační jednotky o výkonu 30 kW v souladu s opatřením 5						
2. Úspory energie a nákladů						
Oblast spotřeby:	STÁVAJÍCÍ STAV		NAVRHOVANÝ STAV		ÚSPORY	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	MWh/rok	tis. Kč	MWh/rok	tis. Kč	MWh/rok	tis. Kč
Spotřeba paliv a energie	809,012	1 368,024	802,740	1 267,351	6,272	100,673
Ztráty ve vl.zdrojích a rozvodech	33,857	49,0	13,200	19,1	20,658	29,9
Vytápění	257,797	373,2	100,506	145,5	157,291	227,7
Chlazení	84,082	154,6	65,728	120,9	18,354	33,8
Ohřev teplé vody	47,969	69,4	18,701	27,1	29,267	42,4
Větrání	149,378	274,7	116,771	214,7	32,607	60,0
Úprava vlhkosti	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Osvětlení	87,721	161,3	68,573	126,1	19,148	35,2
Technologie	182,066	334,8	432,461	633,1	-250,395	-298,3
3. Dosažená úspora energie podle jednotlivých energonositelů						
Oblast spotřeby:	STÁVAJÍCÍ STAV		NAVRHOVANÝ STAV		ÚSPORY	
	Energie	Náklady	Energie	Náklady	Energie	Náklady
	MWh/rok	tis. Kč	MWh/rok	tis. Kč	MWh/rok	tis. Kč
Elektřina	503,247	925,4	393,396	723,4	109,851	202,0
Teplo (SZTE)	305,765	442,6	119,207	172,6	186,558	270,0
Zemní plyn	0,000	0,0	290,137	371,4	-290,137	-371,4
TO	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Uhlí	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
OZE	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
DZE	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
Ostatní	0,000	0,0	0,000	0,0	0,000	0,0
4. Podíl z celkových investičních nákladů (%)						
Náklady při výrobě energie			Náklady při distribuci energie			
OZE	20	%	Rozvody tepla		80	%
KVET	80	%	Ostatní		20	%
Ostatní	0	%				
Náklady při spotřebě energie						
Budovy – úprava obálky	0	%	Technologie		0	%
Budovy – technické systémy	100	%	Ostatní		0	%
5. Ekonomické hodnocení						
Doba hodnocení	20	roky	Diskontní míra <i>r</i>		3,0	%
Čistá současná hodnota NPV	628,7	tis. Kč	Investiční náklady <i>IN</i>		2 458,0	tis. Kč
Reálná doba návratnosti <i>T_{sd}</i>	16	roky (let)	Roční přínosy projektu <i>CF</i>		154,3	tis. Kč
Vnitřní výnosové procento <i>IRR</i>	2,3	%				
Rok realizace	2018					

6. Ekologické hodnocení									
GLOBÁLNÍ HODNOCENÍ	Znečišťující látka		VÝCHOZÍ STAV		VAR. I	Rozdíl		VAR. II	Rozdíl
	Parametr		t/rok		t/rok	t/rok		t/rok	
	TZL	tuhé znečišťující látky	1,9057		0,7516	1,1541		0,7509	1,1548
	PM ₁₀	TZL, frakce částic 0 - 10 mm	0,6667		0,2606	0,4062		0,2606	0,4062
	PM _{2,5}	TZL, frakce částic 0 - 2,5 mm	0,2081		0,0866	0,1216		0,0861	0,1220
	SO ₂	oxid siřičitý	1,1457		0,6291	0,5166		0,6126	0,5331
	NO _x	oxidy dusíku	0,5198		0,3655	0,1543		0,3544	0,1654
	CO	oxid uhelnatý	0,0655		0,0540	0,0114		0,0524	0,0131
	VOC	těkavé uhlovodíky	0,0086		0,0058	0,0027		0,0058	0,0028
	NH ₃	amoniak	0,0000		0,0000	0,0000		0,0000	0,0000
	CO ₂	oxid uhličitý	605,1940		513,1018	92,0922		493,3008	111,8932

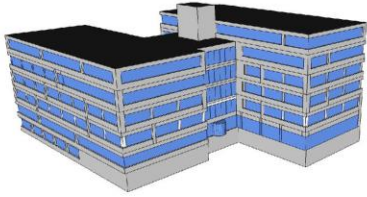
4. ENERGETICKÝ SPECIALISTA					
Jméno a příjmení:		Titul:		Číslo oprávnění:	
Dle zák. č. 406/2000 Sb. je oprávněn zpracovávat:	Energetický audit a posudek	Kontroly kotlů a rozvodů tepelné energie		Datum vydání oprávnění:	
	Průkaz energetické náročnosti budovy	Kontroly klimatizačních systémů		Datum průběžného vzdělávání:	
Datum vyhotovení energetického auditu:		Podpis energetického specialisty:			

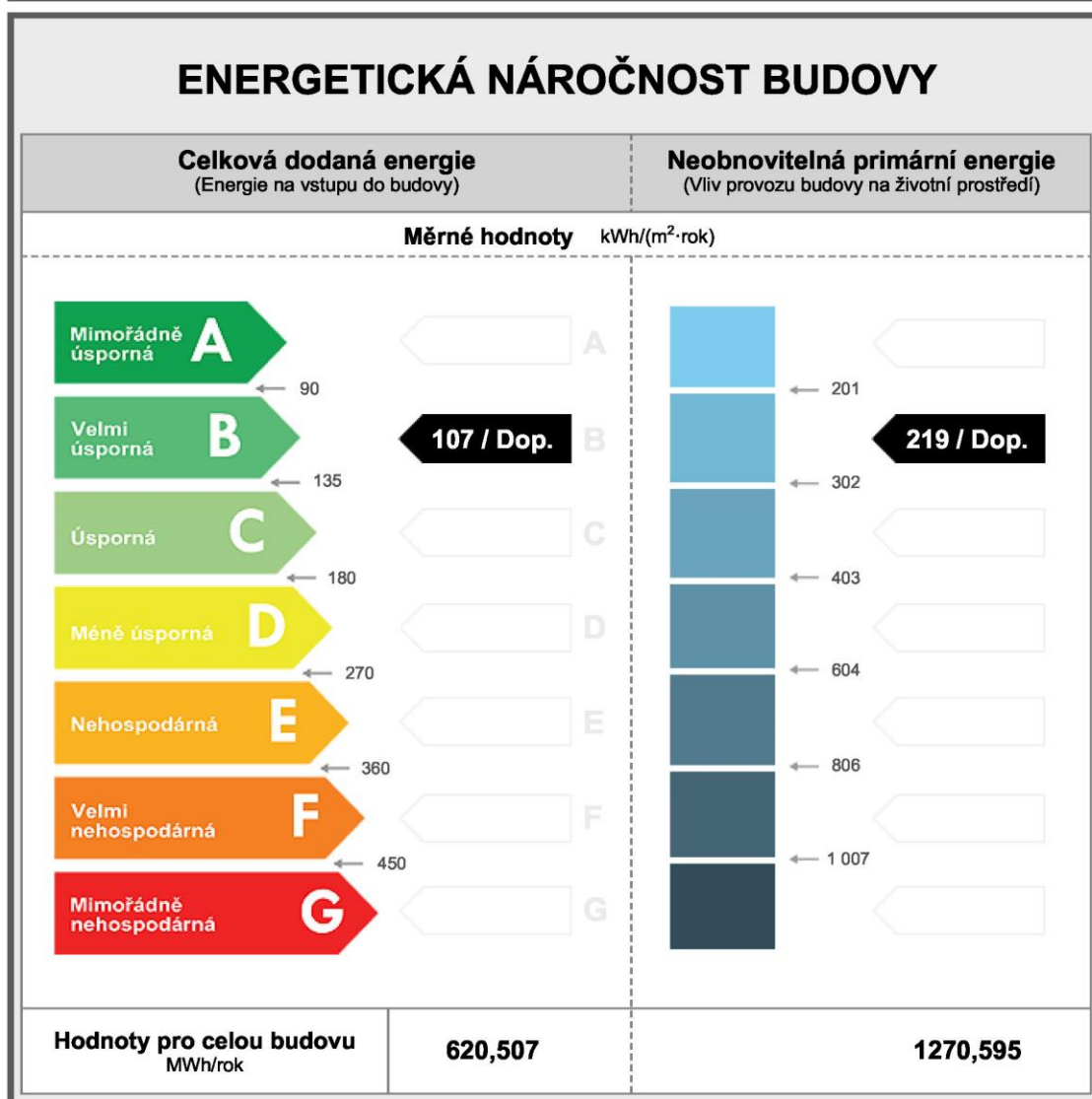
Tabulka 55: Evidenční list EA

B.11 PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOV

V rámci diplomové práce byl pro předmět auditu, tedy pro užívané prostory zhotoven průkaz energetické náročnosti budov. Dále je uvedeno pouze grafické zpracování PENB, výpočtová část a protokol o výpočtu je uveden v příloze 1 a 2 této práce.

PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY	
vydaný podle zákona č. 406/2000 Sb., o hospodaření energií, a vyhlášky č. 78/2013 Sb., o energetické náročnosti budov	
Ulice, číslo: -	
PSČ, místo: - -	
Typ budovy: Administrativní budova	
Plocha obálky budovy:	3017,0 m ²
Objemový faktor tvaru A/V:	0,14 m ² /m ³
Energeticky vztázná plocha:	5804,2 m ²





DOPORUČENÁ OPATŘENÍ

Opatření pro	Stanovena
Vnější stěny:	<input type="checkbox"/>
Okna a dveře:	<input type="checkbox"/>
Střechu:	<input type="checkbox"/>
Podlahu:	<input type="checkbox"/>
Vytápění:	<input type="checkbox"/>
Chlazení/klimatizaci:	<input type="checkbox"/>
Větrání:	<input type="checkbox"/>
Přípravu teplé vody:	<input type="checkbox"/>
Osvětlení:	<input type="checkbox"/>
Jiné: FV panely	<input checked="" type="checkbox"/>

Popis opatření je v protokolu průkazu a vyhodnocení jejich dopadu na energetickou náročnost je znázorněno šipkou

Doporučení

PODÍL ENERGOONOSITELŮ NA DODANÉ ENERGII

Hodnoty pro celou budovu
MWh/rok

☒ Elektřina ze sítě: 325
☐ Dálkové teplo: 295,5

UKAZATELE ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY

	Obálka budovy	Vytápění	Chlazení	Větrání	Úprava vlhkosti	Teplá voda	Osvětlení
	U_{em} W/(m ² ·K)	Dílčí dodané energie			Měrné hodnoty	kWh/(m ² ·rok)	
Mimořádně úsporná							15 / Dop.
A		43 / Dop.	15 / Dop.				
B							
C						8 / Dop.	
D	0,73 / Dop.			26 / Dop.			
E							
F							
G							
Mimořádně nevhodná							
Hodnoty pro celou budovu MWh/rok		248,99	84,52	150,95		48,33	87,72

Zpracovatel: Jan Stadtherr

Kontakt: -

- -

Osvědčení č.: -

Vyhotoveno dne: 3.1.2018

Podpis:

C. APLIKACE VÝPOČETNÍ TECHNIKY

C.1 POČÍTAČOVÉ MODELOVÁNÍ

V projektové části své práce se budu zabývat počítačovým modelováním předmětu auditu. Použiji softwaru umožňující výpočet spotřeby tepla na vytápění a porovnáím je se skutečným stavem. Pokusím se formulovat možné příčiny odchylných výsledků. Modelace proběhne na administrativních prostorech, jakými se zabývám v předmětu auditu v předchozí části.

C.1.1 METODA MĚSÍČNÍHO KROKU

Pro modelaci spotřeby tepla na vytápění použiji výpočetní software **Energie 2017 verze 1a**. Vyhodnocení proběhne v měsíčním kroku. Vstupní parametry budou zadány tak, aby co nejvíce odpovídali skutečnosti.

C.1.1.1 Vnější okrajové podmínky

K přiblížení se skutečných hodnot, je potřeba zadat správné okrajové podmínky. Pro účel této analýzy použiji měsíční klimatické data dané lokality, a to pro město Ostrava. Jedná se především o venkovní teplotu a energii slunečního záření, které jsou uvedeny v tabulce níže:

Měsíc	Počet dnů	Teplota exteriéru [°C]	Celková energie globálního slunečního záření [MJ/m ²]				
			Sever	Jih	Východ	Západ	Horizont
leden	31	-2,3	29,5	123,1	50,8	50,8	74,9
únor	28	-0,6	48,2	184	91,8	91,8	133,2
březen	31	3,3	91,1	267,8	168,8	168,8	259,9
duben	30	8,2	129,6	308,5	267,1	267,1	409,7
květen	31	13,3	176,8	313,2	313,2	313,2	535,7
červen	30	16,4	186,5	272,2	324	324	526,3
červenec	31	17,8	184,7	281,2	302,8	302,8	519,5
srpen	31	17,3	152,6	345,6	289,4	289,4	490,3
září	30	13,6	103,7	280,1	191,9	191,9	313,6
říjen	31	9	67	267,8	139,3	139,3	203,4
listopad	30	3,8	33,8	163,4	64,8	64,8	90,7
prosinec	31	-0,4	21,6	104,4	40,3	40,3	53,6

Tabulka 56: Vnější okrajové podmínky

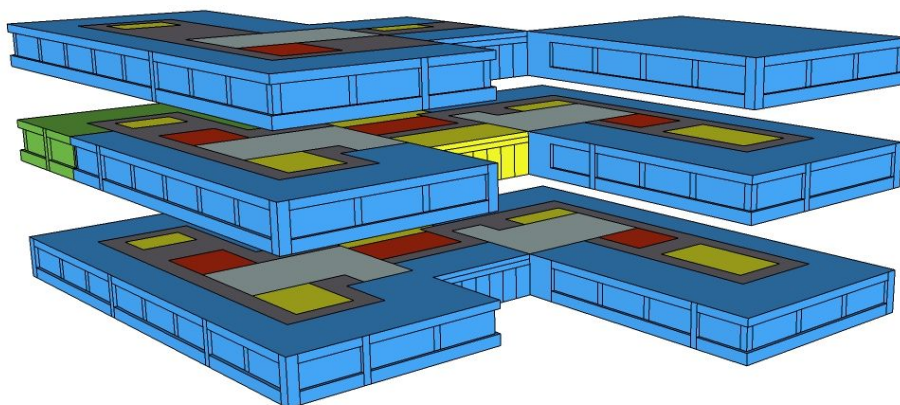
C.1.1.2 Vnitřní okrajové podmínky

V tomto programu není možné simulovat provoz. Myšleno je začátek a konec pracovní doby, stím spjatý příchod a odchod osob, zapínání a vypínání spotřebičů a osvětlení, není zde ani možné nastavit časový provoz vytápění. Parametry je nutné zadat jednou popřípadě více tarifními hodnotami. Z tohoto důvodu je nutné nasimulovat provoz zvlášť, poté jednotlivé hodnoty váhově zprůměrovat a výslednou dosadit do výpočtu. Pro tento účel jsem užívané prostory rozdělil do 6-ti tzv. podzón, tedy částí, které mají jakoby odlišný provoz.

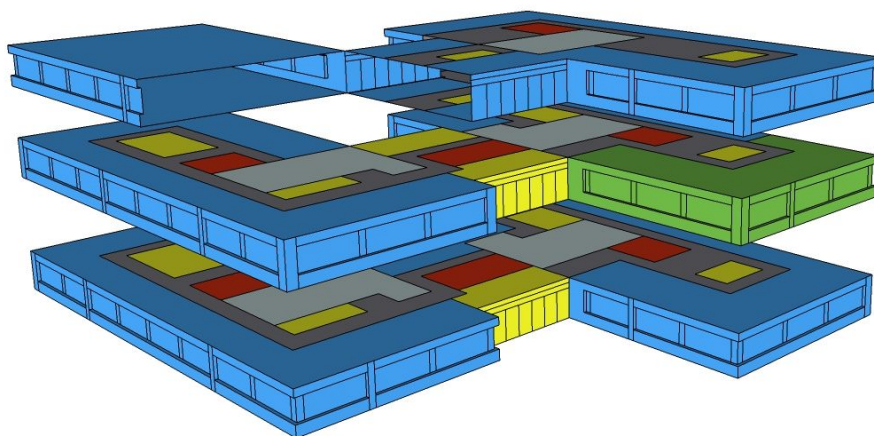
ČLENĚNÍ ZÓNY - PODZÓNY						
Ozn. podzóny	Název podzóny	Návrhový počet osob	Podlahová plocha podzóny VNITŘNÍ	Podíl plochy z celku	Objem podzóny vnitřní	Podíl objemu z celku
		os.	[m ²]	[%]	[m ³]	[%]
PZ1	Kuchyň	35	299,4	5,4%	838,4	5,4%
PZ2	Zasedací místnosti	50	457,0	8,3%	1 279,6	8,3%
PZ3	Kanceláře (open space)	275	2 765,3	50,1%	7 742,8	50,1%
PZ4	Kanceláře (oddělené)	50	204,6	3,7%	573,0	3,7%
PZ5	Koridory, kopírka, sklady	10	1 113,4	20,2%	3 117,6	20,2%
PZ6	Komunikační prostory	0	682,9	12,4%	1 912,1	12,4%

Tabulka 57: Vnitřní okrajové podmínky, rozměry

3D model hodnocených prostorů:



Obrázek 10: 3D model, pohled severovýchodní



Obrázek 11: 3D model, pohled jihozápadní

PARAMETRY ZÓNY		vnitřní teplota - vytápění				
Z1	Administrativní prostory	20,0				

ČLENĚNÍ ZÓNY - PODZÓNY		vnitřní teplota - vytápění				
Ozn. podzóny	Název podzóny	Vnitřní teplota-KOMFORT	Hodin - KOMFORT týdně týden = 168 hod	Vnitřní teplota - ÚTLUM	Hodin - ÚTLUM týdně týden = 168 hod	Průměrná teplota vážený průměr
		°C	hod	°C	hod	°C
PZ1	Kuchyň	22,0	60	18	108	19,4
PZ2	Zasedací místnosti	22,0	60	18	108	19,4
PZ3	Kanceláře (open space)	24,5	60	18	108	20,3
PZ4	Kanceláře (oddělené)	24,5	60	18	108	20,3
PZ5	Koridory, kopírka, sklady	24,5	60	18	108	20,3
PZ6	Komunikační prostory	20,0	60	18	108	18,7

Tabulka 58: Vnitřní okrajové podmínky, teplota

PARAMETRY ZÓNY		osvětlení			osoby	
Ozn. zóny	Název zóny:	Osvětlenost	Měrný příkon P_{LA}	Měrná roční spotřeba elektrické energie W_{LA}	Časový podíl přítomnosti osob f_{oc}	Měrné tepelné zisky od osob q_{oc}
		lx	W/m ²	kWh/(m ² .rok)	%	W/m ²
Z1	Administrativní prostory	375	9,4	16,7	52%	6,79

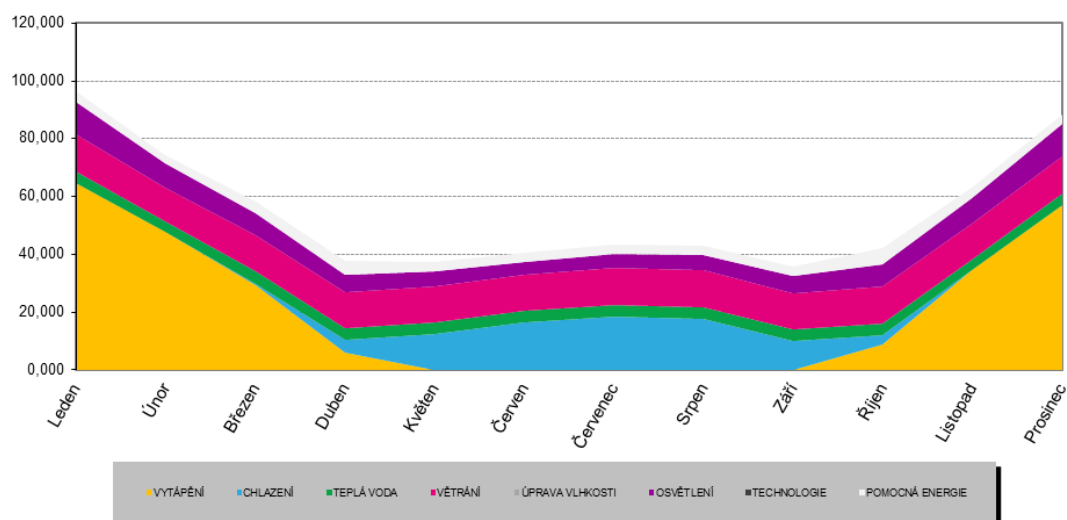
ČLENĚNÍ ZÓNY - PODZÓNY		osvětlení			osoby	
Ozn. podzón y	Název podzóny	Osvětlenost	Měrný příkon P_{LA}	Měrná roční spotřeba elektrické energie W_{LA}	Podíl přítomnosti za charakteristický časový úsek	Měrná produkce tepla při přítomnosti
		lx	W/m ²	kWh/(m ³ .rok)	%	W/m ²
PZ1	Kuchyň	300	7,23	12,66	10,0%	11,99
PZ2	Zasedací místnosti	500	12,06	21,52	23,0%	7,17
PZ3	Kanceláře (open space)	500	12,06	21,52	89,0%	9,64
PZ4	Kanceláře (oddělené)	500	12,06	21,52	85,0%	13,44
PZ5	Koridory, kopírka, sklady	150	4,65	8,30	5,0%	1,09
PZ6	Komunikační prostory	150	4,65	8,30	5,0%	

Tabulka 59: Vnitřní okrajové podmínky, vnitřní zisky

C.1.1.3 Vypočet metodou měsíčního kroku

Vzhledem k provázanosti jednotlivých systémů a jejich vzájemného ovlivnění, bylo potřeba zadat veškeré parametry technického zařízení. Následně program vyhodnotil potřebu tepla na vytápění a z ní stanovil spotřebu. Na grafu jsou zobrazeny průběhy jednotlivých spotřeb technických zařízení.

Průběh spotřeb energií jednotlivých systému dle měsíční metody:



Graf 40: Profil spotřeb technických systémů budovy

Roční průběh spotřeby energie - měsíční metoda							Energie 2017 ver. 1a		
	Dodaná energie celkem	Vypočtená spotřeba energie na vytápění	Vypočtená spotřeba energie na chlazení	Vypočtená spotřeba energie na ohřev teplé vody	Vypočtená spotřeba energie na větrání	Vypočtená spotřeba energie na úpravu vlhkosti	Vypočtená spotřeba energie na osvětlení	Vypočtená spotřeba energie na spotřebiče	Pomocná energie (provoz čerpadel, ventilátory větrání)
	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh	MWh
Leden	96,221	64,741	0,000	4,039	12,687	0,000	11,336	0,000	3,418
Únor	74,433	47,641	0,000	3,826	11,459	0,000	8,420	0,000	3,088
Březen	58,403	29,179	0,702	4,039	12,687	0,000	7,756	0,000	4,040
Duben	37,753	5,790	4,687	3,968	12,278	0,000	6,134	0,000	4,896
Květen	37,457	0,000	12,334	4,039	12,687	0,000	5,220	0,000	3,177
Červen	40,491	0,000	16,480	3,968	12,278	0,000	4,691	0,000	3,075
Červenec	43,239	0,000	18,489	4,039	12,687	0,000	4,848	0,000	3,177
Srpen	42,888	0,000	17,765	4,039	12,687	0,000	5,220	0,000	3,177
Září	35,779	0,000	10,180	3,968	12,278	0,000	6,279	0,000	3,075
Říjen	42,159	8,695	3,446	4,039	12,687	0,000	7,681	0,000	5,610
Listopad	62,848	34,345	0,000	3,968	12,278	0,000	8,949	0,000	3,308
Prosinec	88,431	57,100	0,000	4,039	12,687	0,000	11,186	0,000	3,418
CELKEM	660,103	247,492	84,082	47,972	149,378	0,000	87,721	0,000	43,459

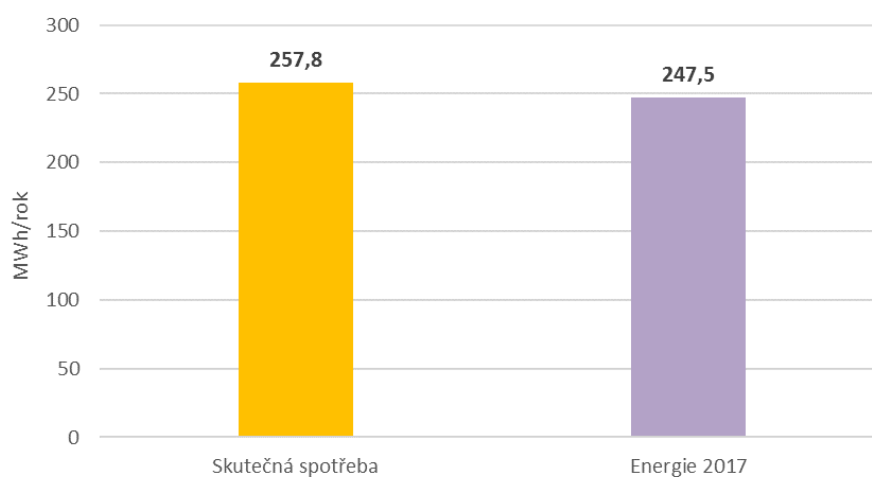
Tabulka 60: Roční průběh spotřeb energií

Výsledná spotřeba tepla na vytápění byla spočtena na **247,492 MWh/rok**. Tato spotřeba je modelována na návrhovou venkovní teplotu uváděnou v normě. Takovou, která je typická pro danou lokalitu. Nezohledňuje jestli byl hodnocený rok teplejší či chladnější. Proto i skutečnou spotřebu doloženou z faktur za daný rok převedem pomocí poměru denostupňů a průměrné venkovní teploty na normový rok. Úpravu provádím v kapitole B.3.3 v Tabulka 10 převod stávajícího stavu na výchozí.

C.1.1.4 Vyhodnocení výsledků

Skutečná výchozí spotřeba energie na vytápění převedená na normálový počet DS je 257,8 MWh/rok což znamená, že je pouze o **4 %** vyšší než vyšla numericky. Výpočet se velmi blíží skutečnosti a je možné říci, že model a jeho jednotlivé části dobře popisují realné užívání.

Porovnání numerické a skutečné spotřeby:



Graf 41: Porovnání výsledků

C.1.2 METODA HODINOVÉHO KROKU

Především užitý software nenabízí modul pro hodinový krok, respektive nemá v sobě hodinové klimatické data. Proto provedu výpočet v softwaru **DEKSOFT**, který disponuje hodinovými klimatickými daty, avšak neumožňuje nastavení hodinového provozu. Některá vstupní data je nutné upravit dle možností uživatelského rozhraní programu.

C.1.2.1 Okrajové podmínky

teplotní parametry			
požadovaná teplota pro režim vytápění v provozní době	$\theta_{\text{int,H,set,I}}$	20	°C
požadovaná teplota pro režim chlazení v provozní době	$\theta_{\text{int,C,set,I}}$	17	°C
provozní parametry			
podíl připadající čisté podlahové plochy A_c [m ²] na jednu osobu	f_{osoba}	11	m ² /os
činitel nepřítomnosti osob v provozní dobu	F_A	0,5	-
začátek provozu zóny	od	6	h
konec provozu zóny	do	20	h
počet provozních dní v roce	-	261	dnů
parametry větrání			
minimální požadovaný objem čerstvého vzduchu v provozní době	$V_{\text{nd,osoba I}}$	25	m ³ /os
minimální požadovaný objem čerstvého vzduchu v provozní době	$V_{\text{nd,násobnost I}}$	1,1	1/h
minimální požadovaný objem čerstvého vzduchu mimo provozní dobu	$V_{\text{nd,násobnost II}}$	0,1	1/h
tepelné zisky a umělé osvětlení			
vnitřní tepelné zisky od osob	$\Phi_{\text{int,Oc}}$	75	W/os
časový podíl přítomnosti osob	F_{Oc}	0,52	-
vnitřní tepelné zisky od zařizovacích předmětů	$\Phi_{\text{int,A}}$	4,2	W/m ²
časový podíl provozu zařizovacích předmětů	F_A	0,2	-
požadavek na udržovanou osvětlenost	E_m	356	lx

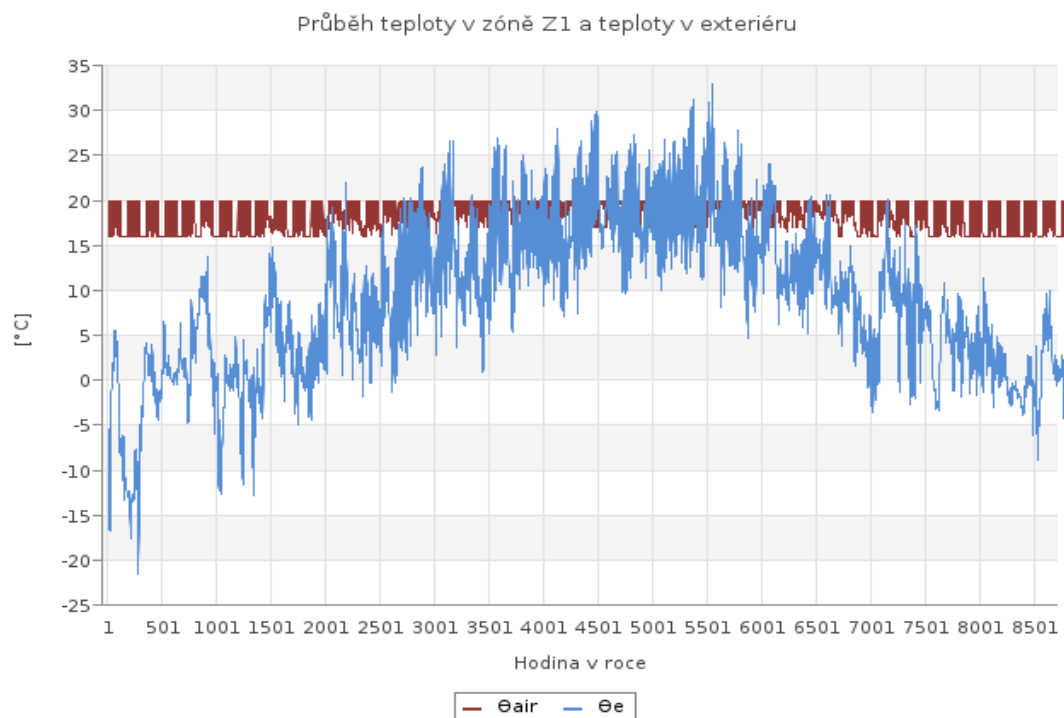
Tabulka 61: Okrajové podmínky hodinové metody

C.1.2.2 Výpočet metodou hodinového kroku

Výsledná spotřeba tepla na vytápění v hodinovém kroku byla vypočítána na **253,453 MWh/rok**. Podobně jako v předchozí modelaci i tady výpočetní software počítá s normovým rokem. Proto budou výsledky porovnány se skutečnou spotřebou převedenou pomocí denostupňové metody na normový rok.

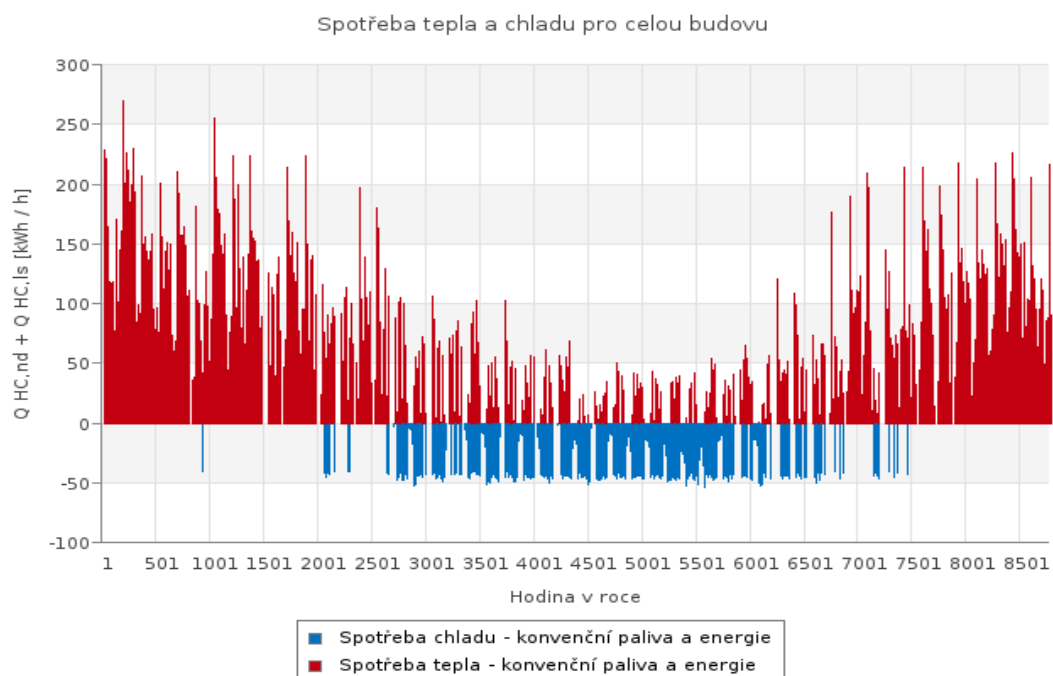
V grafu níže je zobrazen průběh exteriérové teploty, která se řídí hodinovými klimadaty a vnitřní návrhové teploty, která je konstantní pro celý rok.

Zobrazení průběhu teplot:



Graf 42: Průběh vnitřní a vnější teploty

Zobrazení průběhu spotřeb tepla a chladu:



Graf 43: Průběh spotřeby tepla a chladu

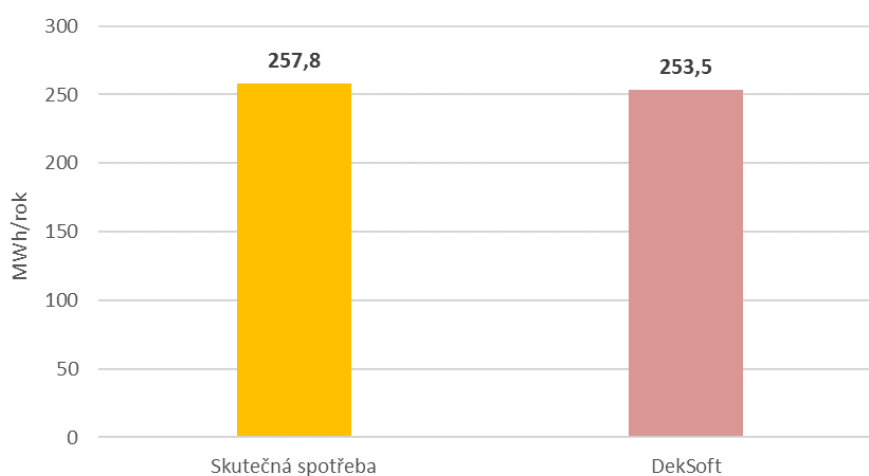
C.1.2.3 Vyhodnocení výsledku

Skutečná spotřeba je **257,8 MWh/rok** auditovaných prostorů, je pouze o **2 %** vyšší než vypočítaná hodnota **253,5 MWh/rok**. Můžeme tedy říci, že numerický model při zadání správných dat dobře vystihuje provoz daných prostorů.

(5)	(4)	(3)	(2)	(1)	T _e	
Měrná dílčí dodaná energie na celkovou energeticky vztaženou plochu (ř.4) / m ²	Dílčí dodaná energie (ř.4) = (ř.2) + (ř.3)	Pomocná energie	Vypočtená spotřeba energie	Potřeba energie		
[kWh/(m ² rok)]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]	[kWh/rok]		
59,68	346 408	834,65	345 574	187 992	Ref. Budova	Vytápění
43,83	254 412	959,59	253 453	189 820	Hod. budova	

Tabulka 62: Vypočtená spotřeba tepla

Porovnání numerické a skutečné spotřeby:



Graf 44: Porovnání výsledků

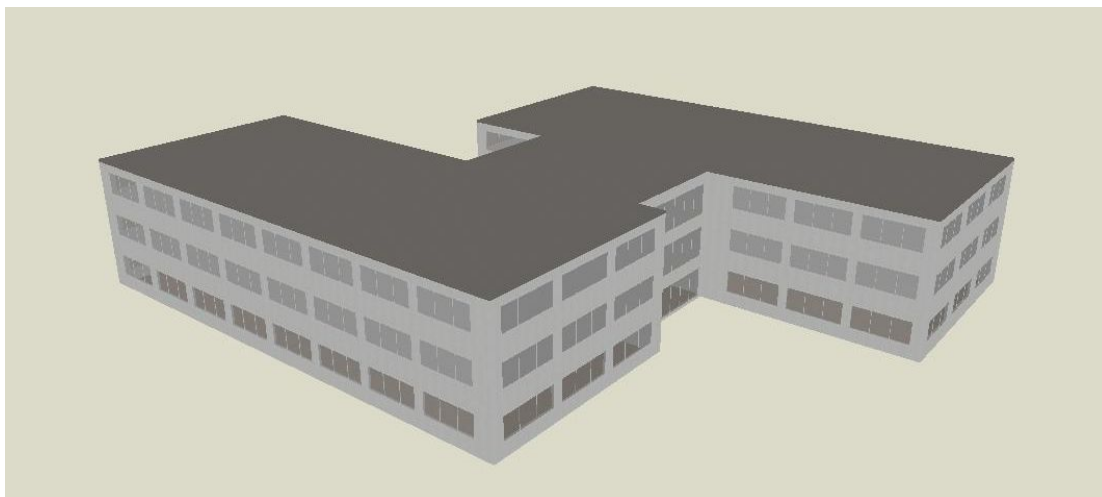
C.1.3 PODROBNÁ DYNAMICKÁ METODA

Pro podrobnou dynamickou metodu byl využit program **Design Builder** verze 2.2.5. 004. Tento program umožňuje podrobné nadefinování provozu budovy, a k výpočtu hodinového kroku využívá klimatická data pro zvolenou lokalitu, díky kterým mohou výsledky dosahovat velmi přesných hodnot. Ve své práci se budu zabývat primárně na spotřebu tepla prostorů, které jsou předmětem auditu a kterou následně porovnám se skutečností.

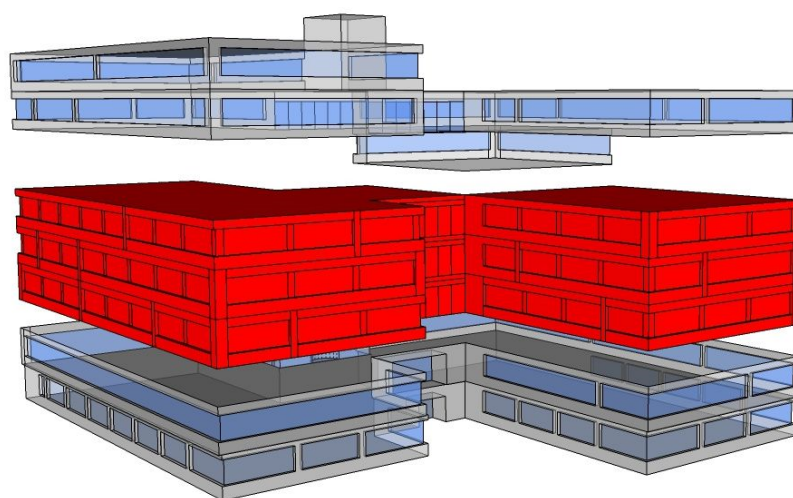
C.1.3.1 Vizualizace

Pro správné nadefinování okrajových podmínek provozu tak i konstrukcí je potřebné si prvně budovu namodelovat. Uživatelské rozhraní Design Builderu (DB) umožňuje 3D modelaci jak objektů tak i částí budov.

3D modelace v programu Design Builder:



3D modelace v programu SketchUp:



Obrázek 12: 3D vizualizace

C.1.3.2 Vstupní data

V následujících tabulce jsou uvedeny vstupní hodnoty, které byly zadány pro výpočet v softwaru.

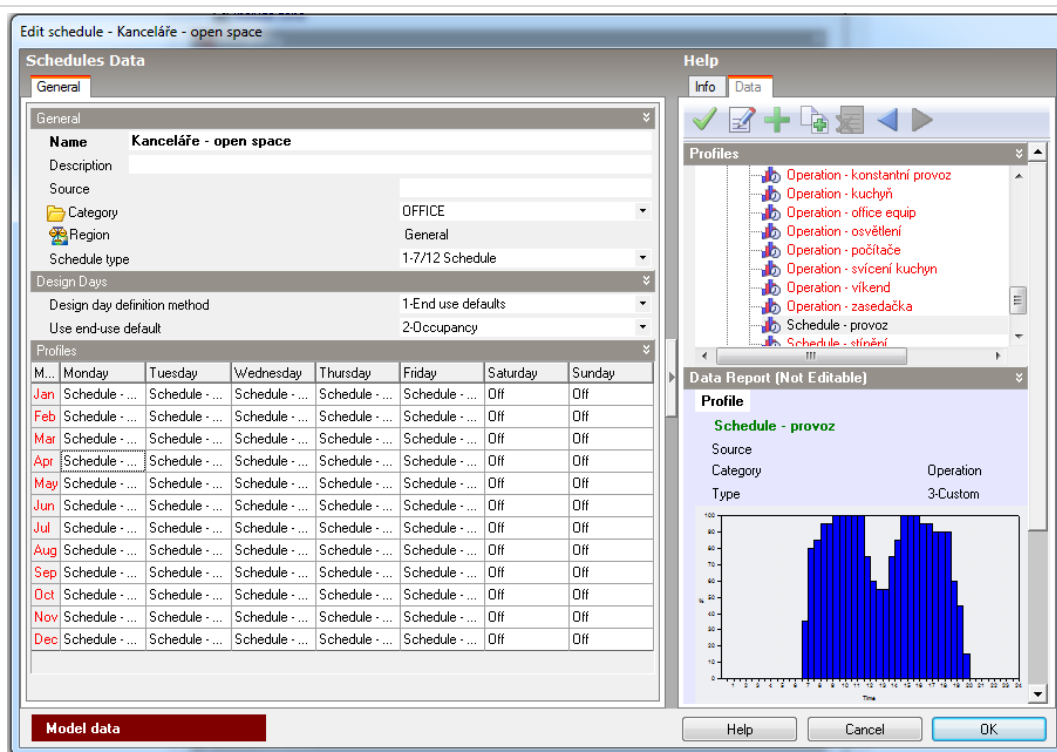
označení provozu	vnitřní plocha	vnitřní teplota	počet osob	obsazenost	vzduchu	osvětlenost	zisky zařízení
	[m ²]	[°C]	[osob]	[os/m ²]	[l/s]	[lx]	[W/m ²]
kuchyňky	302	22,0	35	0,10	14,0	300	14,0
zasedací místnosti	455	24,5	50	0,09	7,0	500	1,0
kanceláře (openspace)	2770	24,5	275	0,10	7,0	500	7,5
kanceláře (samostatné)	205	24,0	50	0,22	7,0	500	7,0
komunikační prostory	1793	24,5	10	0,01	2,0	150	2,0

Tabulka 63: Vnitřní okrajové podmínky

C.1.3.3 Provozy

Design builder umožňuje podrobné nastavení provozu jednotlivých zón tak i technického systému. Při osobním zkoumání auditovaných prostorů nebylo možné přesně určit pohyb ani obsazenost osob. Vstupní data proto vychází z odborného odhadu a podobnosti provozu, jenž je ve zkoumaném objektu převážně administrativní.

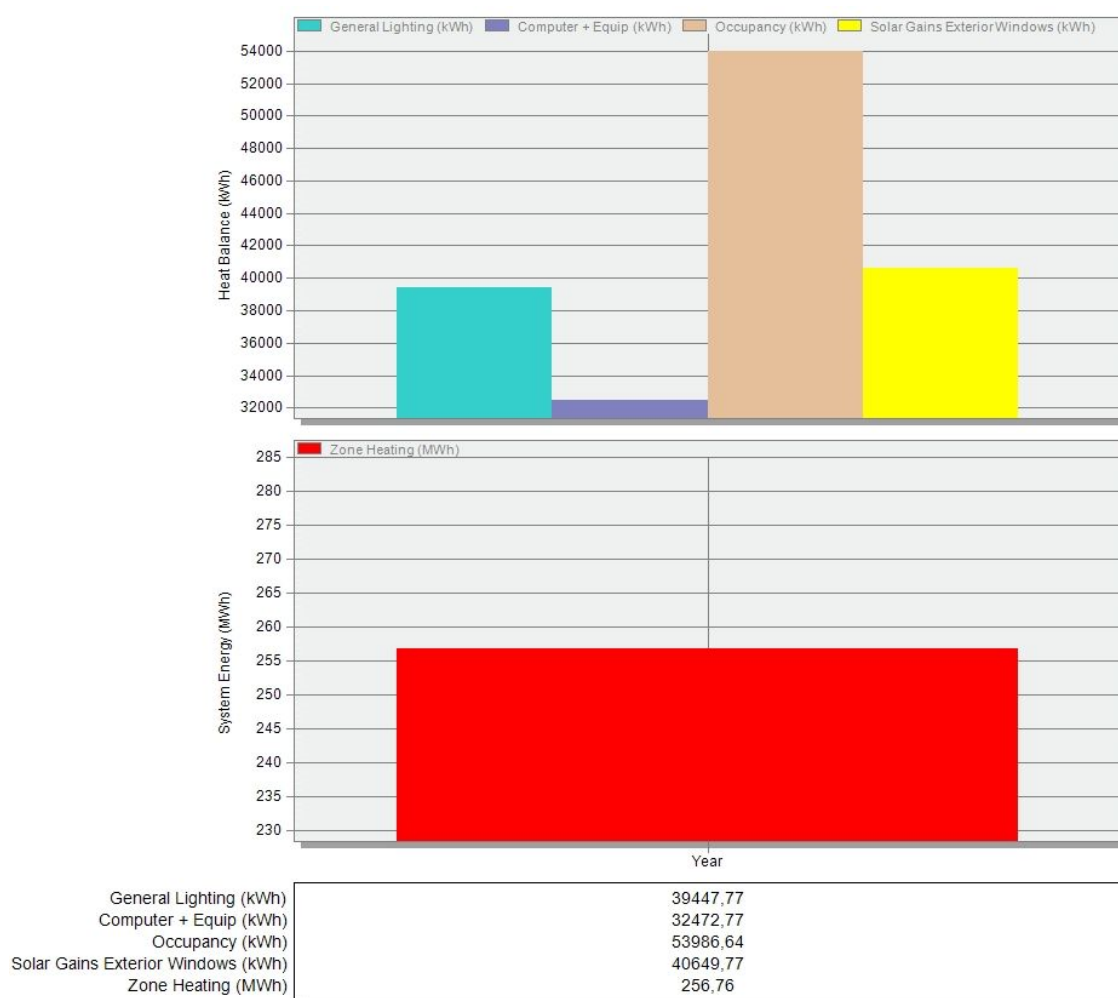
Uživatelské rozhraní v programu Design Builder:



Obrázek 13: Nastavení provozů v Design Builderu

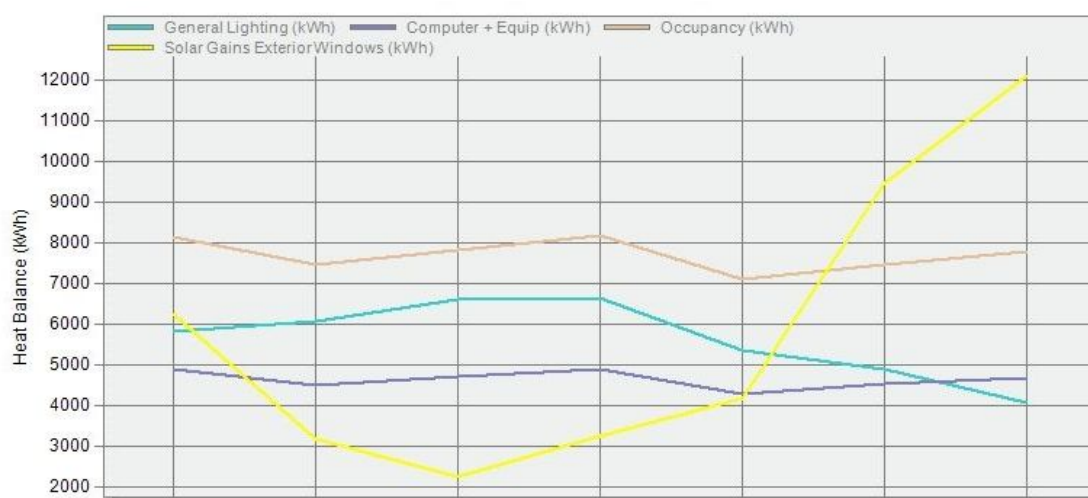
C.1.3.4 Výpočet metodou podrobné dynamické simulace

Vnitřní zisky a spotřeba tepla na vytápění v zimním období:



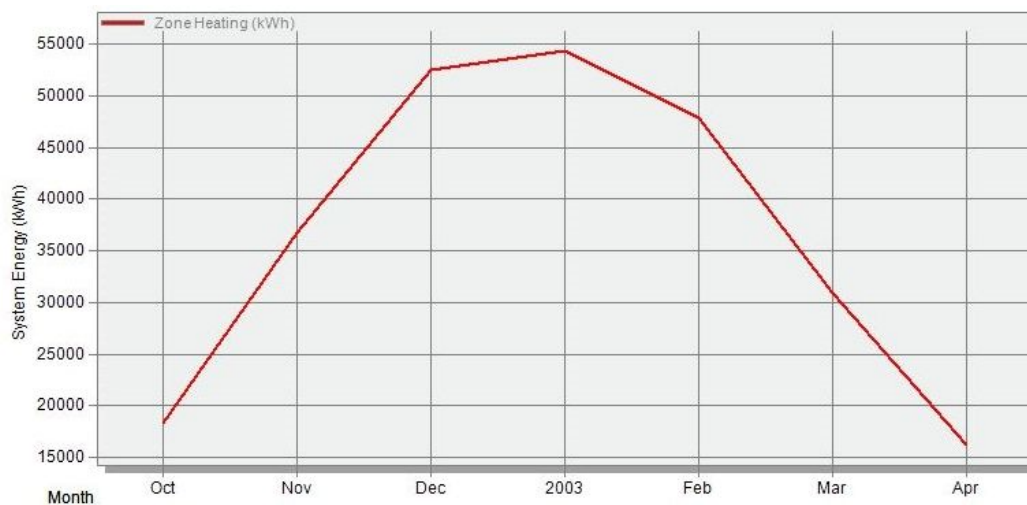
Graf 45: Vnitřní zisky a celková spotřeba tepla

Průběh vnitřních zisků za období 1.10 – 30.4.:



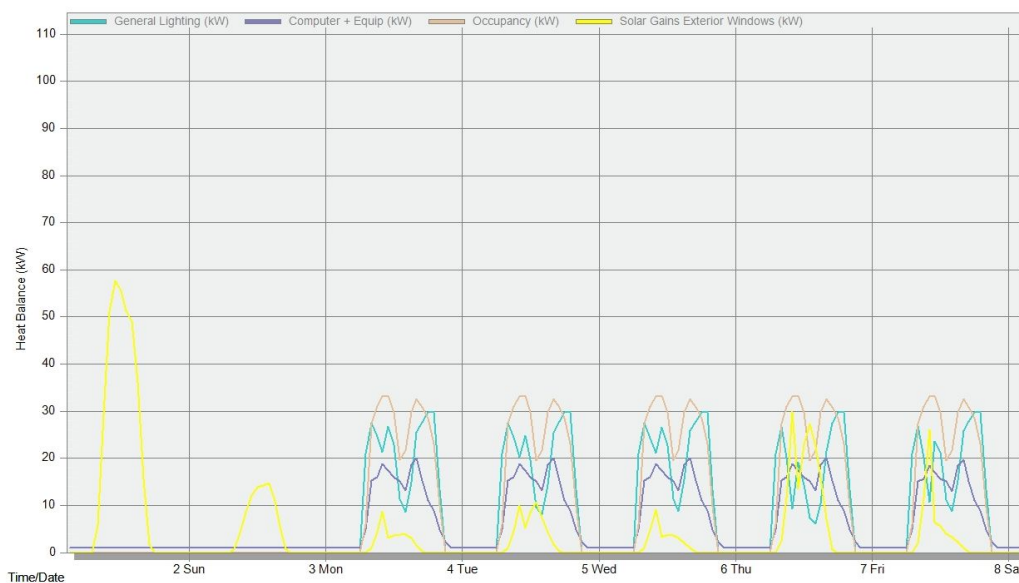
Graf 46: Profil vnitřních zisků měsíčně

Průběh spotřeby tepla na vytápění měsíčně:



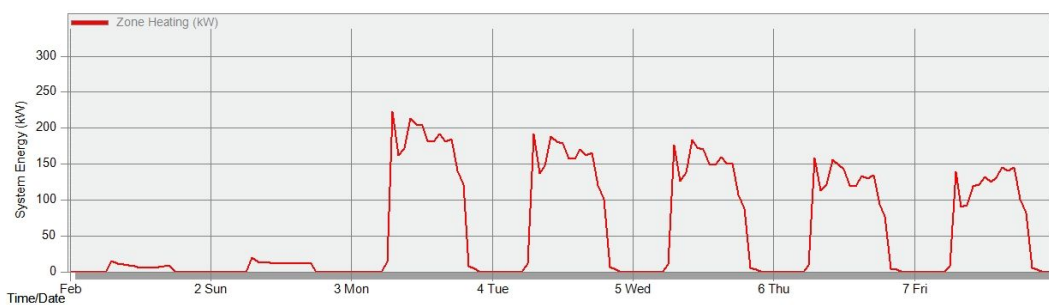
Graf 47: Průběh měsíční spotřeby tepla

Průběh vnitřních zisků - první týden v únoru:



Graf 48: Průběh vnitřních zisků v zimním týdnu

Průběh spotřeby - první týden v únoru:

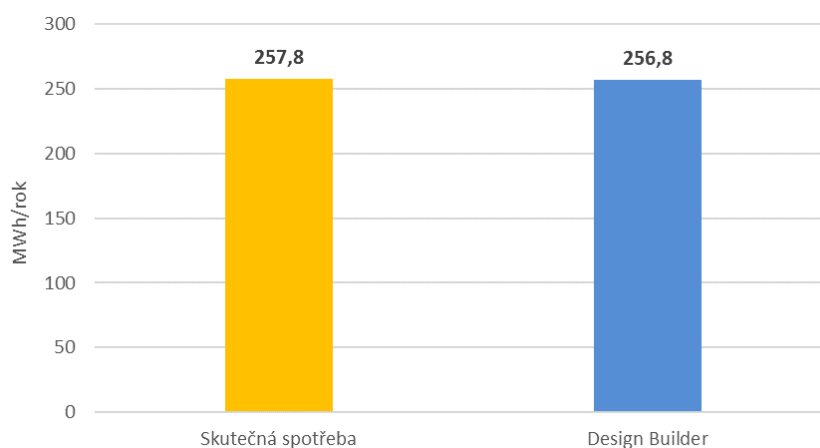


Graf 49: Průběh spotřeby tepla v zimním týdnu

C.1.3.5 Vyhodnocení výsledků

Celková spotřeba tepla na vytápění podrobné dynamické metody vyšla na **256,8 MWh/rok**. Tato hodnota se velmi blíží realitě. Je však nutné podotknout, že modelace využití provozu proběhla na základě odborného odhadu a jakákoliv změna by vedla k rozdílnému výsledku. Vzhledem k velmi blízké spotřebě je možné říct, že namodelovaný provoz a technický systém dobře vystihují skutečnost.

Porovnání numerické a skutečné spotřeby:

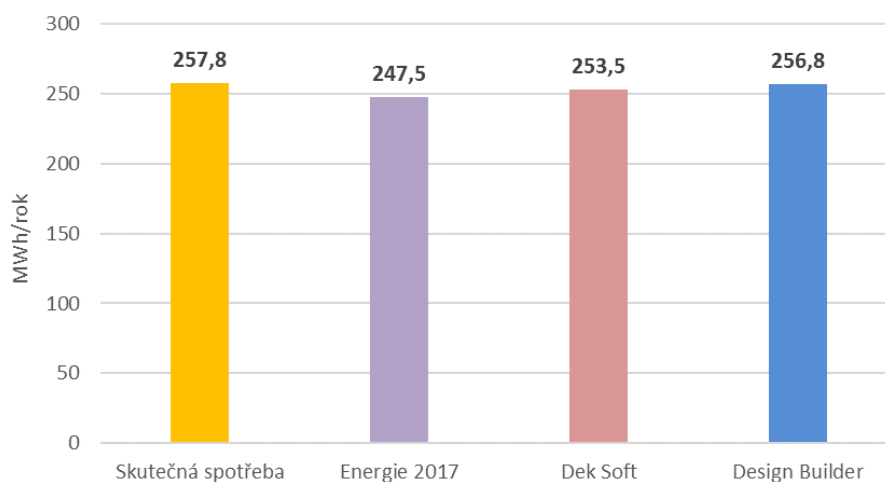


Graf 50: Porovnání výsledků

C.1.4 ZÁVĚREČNÉ POROVNÁNÍ METOD

V této kapitole jsem se zabýval modelací a numerickým přístupem výpočtu ke spotřebě tepla na vytápění v administrativních prostorech. K výpočtu byly použité počítačové programy **Energie 2017** – měsíční krok výpočtu dále **DEKSOFT** – hodinový krok výpočtu a **Design Builder** umožňující dynamickou metodu výpočtu. Výsledné hodnoty z jednotlivých softwarů byly následně porovnány se skutečnou spotřebou tepla.

Porovnání numerické a skutečné spotřeby:



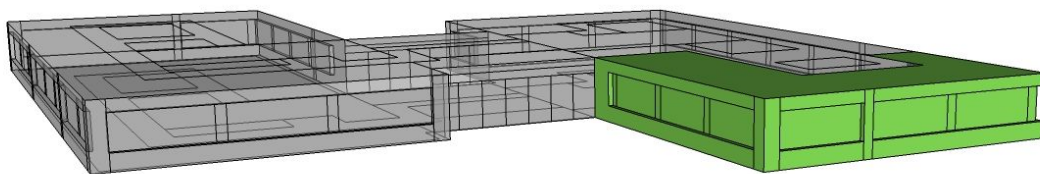
Graf 51: Celkové porovnání numerických výsledků se skutečností

Odchytky jednotlivých výsledků jsou převážně dány odlišným přístupem výpočtu počítačových programů, dále přesností zadávání vstupních údajů a možností nastavení provozního profilu. V konkrétním případě se jednotlivé výsledky od reality liší minimálně, nejvíc odlišná hodnota vyšla při měsíční metodě a to pouze o 4 %. Můžeme tedy říct, že při správném dosazení vstupních hodnot dokáže numerický přístup dobře zachytit skutečné chování stávajících objektů. V případě novostaveb je důležitá komunikace specialistů jednotlivých oborů, tak aby společně mohli zajistit navrhovaný komfort uživatelů a zachovali přitom požadavky na energetickou náročnost.

C.1.5 STANOVENÍ MÍSTNÍHO KOMFORTU

V poslední kapitole mé práce se budu zabývat stanovením místního komfortu vybrané místnosti, která je nejvíce náchylná na přehřívání a budou vypočteny faktory PMV a PPD pomocí počítačového programu **Design Builder**. Pro posouzení faktorů byly vybrány oddělené kanceláře, které se nachází ve 4. NP a jsou orientovány na jižní stranu. Na obrázku níže značeno zelenou barvou.

Grafické znázornění testovaných prostorů:

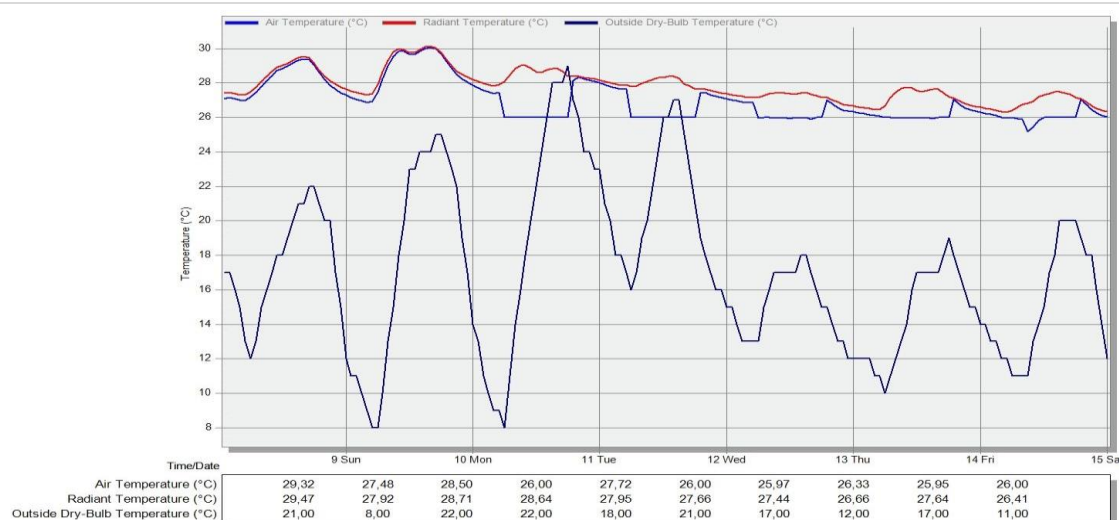


Obrázek 14: 3D vizualizace kancelářských prostorů

C.1.5.1 Předpověď středního tepelného pocitu

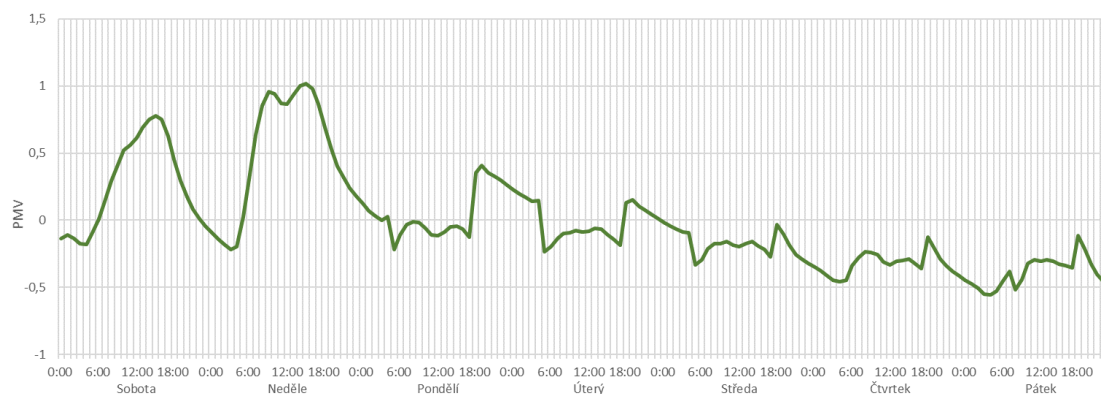
Stanovení PMV faktoru proběhlo na typickém letním týdnu, jedná se o 8. - 14. června.

Průběh venkovní a vnitřních teplot:



Graf 52: Průběh teplot v typickém letním týdnu

Průběh PMV faktoru v místnosti:

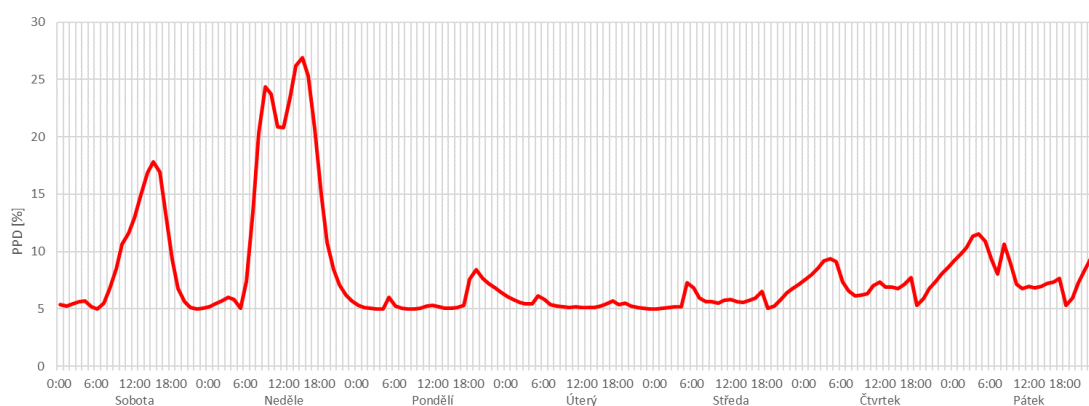


Graf 53: Profil PMV faktoru

C.1.5.2 Předpověď procentuálního zastoupení nespokojených

Z vypočítaných hodnot PMV byl odvozen faktor PPD.

Průběh PPD faktoru v místnosti:



Graf 54: Profil PPD faktoru

Na zkoumaných prostorách nebylo možné porovnání vypočtených faktorů místního komfortu s realitou. Z grafů výše lze pozorovat vyšší nespokojenost během víkendových dnů zapříčiněnou vyšší teplotou v místnosti. Vzhledem k minimálnímu provozu během víkendů lze tyto hodnoty považovat za nesměrodatné. Nárůst nespokojenosti je také během pátečního dne, kdy je zaznamenán pokles venkovní teploty a nárůst pocitu mírného chladu uvnitř místnosti. Doporučuji za vhodné se přizpůsobit venkovnímu i vnitřnímu mikroklimatu správnou volbou oděvní.

ZÁVĚR

Teoretická část této diplomové práce byla věnována legislativním požadavkům na zpracování energetického auditu a jeho hodnocení dle platných zákonů a vyhlášek. V návaznosti rozebírá aplikaci výpočetní techniky pro stanovení energetické náročnosti a možné metody přístupu.

Výpočtová část je věnována energetickému auditu dle vyhlášky č. 480/2012 Sb., ve kterém jsou auditované prostory užívané velkým podnikem, a tím je naplněná definice povinnosti dle §9 odst. 2). Jedná se o administrativní prostory společnosti, která si po domluvě přála zůstat v anonymitě. Pro zajištění všech potřebných podkladů byla nutná komunikace nejen se zástupci společnosti a jejich právním oddělením, ale i s vlastníky budovy. Pro účely diplomové práce byla navržena úsporná opatření, která vzhledem ke specifčnosti auditu jsou spíše teoretická. Všechny provedené a navrhované opatření jsou ekonomicky i ekologicky vyhodnoceny. Pro další účely mé práce byl rovněž vyhotoven průkaz energetické náročnosti budovy, respektive auditovaných prostorů.

V poslední části mé práce, se zaměřuji na aplikaci počítačové techniky při stanovování spotřeby tepla na vytápění. Využil jsem k tomu celkem tři výpočetní softwary, kdy každý z nich umožňoval odlišnou metodu výpočtu. Jako první jsem použil software **Energie 2017**, který disponuje měsíčním krokem výpočtu. Následně jsem provedl výpočet pomocí programu **DEKSOFT** s aplikací Energetika, tento software provádí výpočet spotřeb s hodinovými klimatickými daty. Poslední program použitý pro numerické stanovení spotřeby tepla, byl vybrán **Design Builder**. Jedná se o software, který umí podrobnou dynamickou metodu. Nejen že umožňuje výpočet s hodinovými klimadaty, ale na rozdíl od přechozích programů umí simulovat i podrobný provoz uvnitř budovy. Jednotlivé výsledky metod jsem porovnal se skutečnou spotřebou tepla na vytápění užívaných prostorů budovy. Cílem bylo, zjistit do jaké míry dokáže počítačová technika při správném zadání vstupních podmínek stanovit spotřebu tepla budovy (v této práci pouze části budovy).

Závěrem bych chtěl poznamenat, že zpracování této diplomové práce mi umožnilo nahlédnout do problematiky energetického auditu, odnést si cenné zkušenosti a poznatky. V budoucím bádání bych se rád danou tematiku komplexněji zabýval a prohluboval své znalosti.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. Zákon č. 406/2000 Sb. o hospodaření energií. 2000.
2. Vyhláška č. 480/2012 Sb. O energetickém auditu a energetickém posudku. 2012.
3. www.mpo.cz. Ministerstvo průmyslu a obchodu. [Online] 7. 3 2006. [Citace: 18. 12 2017.] <https://www.mpo.cz/cz/podnikani/dotace-a-podpora-podnikani/oppp-2004-2006/desatero-zadatele/definice-maleho-a-stredniho-podnikatele--11322/>.
4. Vyhláška č. 441/2012 Sb. o stanovení minimální účinnosti užití energie při výrobě elektřiny a tepelné energie. 2012.
5. Lain, Miloš. www.tzb-info.cz. [Online] 9. 7 2012. [Citace: 27. 12 2017.] <http://vetrani.tzb-info.cz/klimatizace-a-chlazení/8797-celkove-chladici-factory-klimatizacnich-systemu-a-jejich-zlepsovani>.
6. Eurovent certification programme. [Online] 11 2016. [Citace: 27. 12 2017.] http://www.eurovent-certification.com/en/Certification_Programmes/Programme_Descriptions.php?lg=en&rub=03&srub=01&select_prog=LCP-HP.
7. Cihlář, Jiří. www.tzb-info.cz. [Online] 24. 4 2017. [Citace: 27. 12 2017.] <http://stavba.tzb-info.cz/budovy-s-temer-nulovou-spotrebou-energie/15659-energeticka-narocnost-prumyslovych-budov-cast-3-budova-s-temer-nulovou-spotrebou-energie>.
8. ČSN EN ISO 6946:2007.
9. www.zelenausporam.cz. [Online] [Citace: 27. 12 2017.] <http://www.zelenausporam.cz/sekce/560/2/slovnicek-pojmu/technicke-termíny/>.
10. Urban, Miroslav. www.asb-portal.cz. [Online] 19. 2 2009. [Citace: 27. 12 2017.] <https://www.asb-portal.cz/tzb/energie/hodnoceni-energeticke-narocnosti-budov-od-roku-2009>.
11. Deksoft. [Online] [Citace: 27. 12 2017.] <https://deksoft.eu/cojedeksoft>.
12. ČSN EN ISO 7730.
13. Mapy. [Online] www.mapy.cz.
14. ČÚZK. [Online] [Citace: 12. 11 2017.] <http://nahlizenidokn.cuzk.cz/>.
15. Google maps. [Online] www.maps.google.com.
16. Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. [Online] [Citace: 12. 12 2017.] <http://www.unmz.cz/urad/csn-en-iso-50001-01-1501-systemy-managementu-hospodareni-s-energii-pozadavky-s-navodem-k-pouziti-r914>.
17. SAK Radotín. [Online] [Citace: 20. 12 2017.] www.sakradotin.cz.

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A VELIČIN

Zkratky

ČSN	Česká státní norma
ČR	Česká republika
DB	Design Builder
EA	Energetický audit
EE	Elektrická energie
EER	Energy efficiency ratio
EN	Energetická náročnost
EnMS	Systém managementu hospodaření energií
EP	Energetický posudek
ERÚ	Energetický regulační úřad
FVE	Fotovoltaická elektrárna
IRR	Internal rate of return (Vnitřní výnosové procento)
KGJ	Kogenerační jednotka
MaR	Měření a regulace
MPO	Ministerstvo průmyslu a obchodu
MW	Minerální vlna
NKN	Národní kalkulační nástroj
NPV	Net present value (Čistá současná hodnota)
PENB	Průkaz energetické náročnosti budov
PMV	Predicted mean vote
PPD	Predicted percentige of dissatisfied
SZTE	Soustava zásobování tepelnou energií
TČ	Tepelné čerpadlo

Symbols and mathematical and physical quantities

A_c	celková podlahová plocha [m ²]
E_z	Množství znečišťujících látek
E_f	je emisní faktor
M	je množství jednotek, na které je emisní faktor vztažen
R_{si}	tepelný odpor při přestupu tepla z vnitřního prostředí do konstrukce [m ² .K.W ⁻¹]
R_{se}	tepelný odpor při přestupu tepla z konstrukce do vnějšího prostředí [m ² .K.W ⁻¹]
R	tepelný odpor konstrukce, který je dán vztahem [m ² .K.W ⁻¹]
U	součinitel prostupu tepla [W/m ² .K]
U_{em}	průměrný součinitel prostupu tepla obálkou budovy [W/m ² .K]
$U_{N,20}$	požadovaná hodnota součinitele prostupu tepla [W/m ² .K]
$U_{rec,20}$	doporučená hodnota součinitele prostupu tepla [W/m ² .K]
H_T	je měrná ztráta prostupem tepla stanovená pro budovu nebo zónu ve [W/K]
U_j	součinitel prostupu tepla j-té konstrukce, ve W/(m ² .K), který zahrnuje vliv tepelných mostů v konstrukci
b_j	činitel teplotní redukce, tj. poměr teplotního rozdílu mezi vnitřním a venkovním prostředím přilehlých ke konstrukci k základnímu teplotnímu rozdílu [-]
ΔU_{tb}	průměrný vliv tepelných vazeb mezi ochlazovanými konstrukcemi na systémové hranici budovy [W/m ² .K]
λ	součinitel tepelné vodivosti [W.m ⁻¹ .K ⁻¹]
d	tloušťka [mm]
ρ_a	hustota vzduchu [kg/m ³]
M_v	množství oběhové vody proteklé kotlem [t]
i_{vy}	průměrná roční nebo měsíční entalpie horké nebo teplé vody na výstupu z kotle [KJ/kg]
i_{vs}	průměrná roční nebo měsíční entalpie horké nebo teplé vody na vstupu do kotle [KJ/kg]
M_{pal}	množství spáleného paliva [t, tis.m ³]
Q_f	výhřevnost paliva [MJ/kg, MJ/m ³]
A_f	celková podlahová plocha zóny [m ²]
T_S	prostá doba návratnosti investice [rok]
IN	investiční výdaje projektu [Kč]

CF	roční přínosy projektu (cash flow, změna peněžních toků po realizaci projektu)
T_{sd}	reálná doba návratnosti investice [rok]
CF_t	roční přínosy projektu (změna peněžních toků po realizaci projektu)
r	diskont
$(1 + r)^{-t}$	odúročitel
M	metabolizmus ve watech na metr čtvereční [W/m^2]
W	užitečný mechanický výkon ve watech na metr čtvereční [W/m^2]
l_{cl}	tepelný odpor oděvu v metrech čtverečních a kelvinech na watt [$m^2 \cdot K/W$]
f_{cl}	povrchový faktor oděvu
t_a	teplota vzduchu ve stupních Celsia [$^{\circ}C$]
t_r	střední radiační teplota ve stupních Celsia [$^{\circ}C$]
v_{ar}	relativní rychlost proudění vzduchu v metrech za sekundu [m/s]
ρ_a	parciální tlak vodní páry v paskalech [Pa]
h_c	součinitel přestupu tepla konvekčí ve watech na metr čtvereční a kelvin [$W/(m^2 \cdot K)$]
t_{cl}	teplota povrchu oděvu ve stupních Celsia [$^{\circ}C$]

SEZNAM OBRÁZKŮ, TABULEK A GRAFŮ

Obrázky

Obrázek 1: Přesnost výpočtu dle zvolené metody [11]	22
Obrázek 2: Lokalizace předmětu auditu [13]	28
Obrázek 3: Situační plán [14]	29
Obrázek 4: Letecký pohled [13]	29
Obrázek 5: Uliční pohled na budovu [15]	29
Obrázek 6: 3D modelace budovy	35
Obrázek 7: 3D vizualizace prostorů předmětu auditu	35
Obrázek 8: 3D vizualizace užívaných prostorů	41
Obrázek 9: Mapa horizontálního záření [17]	49
Obrázek 10: 3D model, pohled severovýchodní	83
Obrázek 11: 3D model, pohled jihozápadní	83
Obrázek 12: 3D vizualizace	90
Obrázek 13: Nastavení provozů v Design Builderu	91
Obrázek 14: 3D vizualizace kancelářských prostorů	95

Tabulky

Tabulka 1: Soupis údajů o energetických vstupech [2]	15
Tabulka 2: Energetická klasifikace zdrojů chladu dle programu Eurovent [6]	17
Tabulka 3: Množství znečišťujících látek [2]	20
Tabulka 4: Emisní faktory oxidu uhličitého [2]	21
Tabulka 5: Identifikační údaje energetického auditu	27
Tabulka 6: Souhrn spotřeb EE	30
Tabulka 7: Souhrn spotřeby tepla na vytápění	31
Tabulka 8: Základní údaje o energetických vstupech stávajícího stavu	32
Tabulka 9: Základní údaje o energetických vstupech, stávající stav	33
Tabulka 10: Denostupňový přepočet	33
Tabulka 11: Základní údaje o energetických vstupech, výchozí stav	34
Tabulka 12: Skladba konstrukcí na systémové hranici	36
Tabulka 13: Karta technických systémů budovy	38
Tabulka 14: Systém managementu hospodaření energií	39
Tabulka 15: Hodnocení zdrojů energií	40
Tabulka 16: Parametry užívaných prostorů	41
Tabulka 17: Posouzení hraničních konstrukcí	42
Tabulka 18: Posouzení průměrného součinitele prostupu tepla	43
Tabulka 19: Celková energetická bilance, výchozí stav	44
Tabulka 20: Bodová stupnice	45
Tabulka 21: Hodnocení systému managementu hospodaření energií	46
Tabulka 22: Vyhodnocení úsporného opatření	47
Tabulka 23: Modelace hodinové spotřeby	48
Tabulka 24: Technická specifikace FV panelu	50
Tabulka 25: Navrhované úsporné opatření	52
Tabulka 26: Roční úspory opatření	53
Tabulka 27: Ekologická bilance TČ	53

Tabulka 28: Technická specifikace KGJ	54
Tabulka 29: Bilance energií před opatřením	56
Tabulka 30: Investiční náklady KGJ	56
Tabulka 31: Provozní náklady KGJ.....	57
Tabulka 32: Ekonomická bilance před a po realizaci opatření.....	57
Tabulka 33: Roční úspory opatření	58
Tabulka 34: Bilance energií před opatřením	59
Tabulka 35: Bilance energií po opatření	59
Tabulka 36: Provozní náklady KGJ.....	59
Tabulka 37: Roční ekonomická bilance před a po realizaci opatření.....	60
Tabulka 38: Tabulkové porovnání úsporných opatření	60
Tabulka 39: Úspory varianty 1	62
Tabulka 40: Energetická bilance Varianty 1	62
Tabulka 41: Ekonomické hodnocení Varianty 1.....	63
Tabulka 42: Ekologická bilance Varianty 1	64
Tabulka 43: Roční bilance Varianty 1	65
Tabulka 44: Úspory Varianty 2	65
Tabulka 45: Energetická bilance Varianty 2	66
Tabulka 46: Ekonomické hodnocení Varianty 2.....	66
Tabulka 47: Ekologické hodnocení Varianty 2	67
Tabulka 48: Energetická bilance Varianty 2	68
Tabulka 49: Porovnání navržených variant.....	68
Tabulka 50: Úspory optimální varianty	70
Tabulka 51: Energetická bilance optimální varianty	70
Tabulka 52: Energetická bilance optimální varianty	72
Tabulka 53: Ekonomické hodnocení optimální varianty.....	73
Tabulka 54: Ekologické hodnocení optimální varianty	74
Tabulka 55: Evidenční list EA	78
Tabulka 56: Vnější okrajové podmínky	82
Tabulka 57: Vnitřní okrajové podmínky, rozměry.....	83
Tabulka 58: Vnitřní okrajové podmínky, teplota	84
Tabulka 59: Vnitřní okrajové podmínky, vnitřní zisky	84
Tabulka 60: Roční průběh spotřeb energií.....	85
Tabulka 61: Okrajové podmínky hodinové metody	87
Tabulka 62: Vypočtená spotřeba tepla	89
Tabulka 63: Vnitřní okrajové podmínky	91

Grafy

Graf 1: Průměrná měsíční venkovní teplota	23
Graf 2: PPD jako funkce PMV (12)	25
Graf 3: Přehled spotřeby EE za předchozí roky	30
Graf 4: Průběh spotřeb EE za předchozí roky	30
Graf 5: Průběh spotřeby tepla za předchozí roky	31
Graf 6: Přehled spotřeby tepla za předchozí roky	31
Graf 7: Vstupy paliv a energie v MWh	33
Graf 8: Vstupy paliv a energie v Kč	33
Graf 9: Vstupy paliv a energie v MWh a Kč.....	34

Graf 10: Energetická bilance v MWh, výchozí stav	44
Graf 11: Energetická bilance v Kč, výchozí stav	45
Graf 12: Profil modelované spotřeby	48
Graf 13: Průběh hodinové výroby FVE	49
Graf 14: Hodinová výroba a spotřeba pro tři období	51
Graf 15: Bilance výroby a spotřeby	51
Graf 16: Energetická bilance TČ	52
Graf 17: Emisní bilance TČ	54
Graf 18: Emisní bilance CO ₂ TČ	54
Graf 19: Dodávka tepelné energie dle zdroje	55
Graf 20: Dodávka elektrické energie dle zdroje	55
Graf 21: Ekonomická bilance úsporného opatření	58
Graf 22: Bilance nákladů na energie úsporného opatření	58
Graf 23: Porovnání dle úspor energie	61
Graf 24: porovnání dle úspor nákladů	61
Graf 25: Porovnání dle investičních nákladů	61
Graf 26: Porovnání dle prosté doby návratnosti	61
Graf 27: Návratnost Varianty 1	63
Graf 28: Emisní bilance Varianty 1	64
Graf 29: Emisní bilance CO ₂ Varianty 1	64
Graf 30: Doba návratnosti Varianty 2	67
Graf 31: Emisní bilance Varianty 2	67
Graf 32: Emisní bilance CO ₂ Varianty 2	68
Graf 33: Porovnání navržených variant	69
Graf 34: Vstupy paliv a energie v MWh a Kč, výchozí stav	71
Graf 35: Vstupy paliv a energie v MWh a Kč, optimální varianta	71
Graf 36: Energetická bilance dodané energie	72
Graf 37: Doba návratnosti optimální varianty	73
Graf 38: Emisní bilance optimální varianty	74
Graf 39: Emisní bilance CO ₂ optimální varianty	74
Graf 40: Průběh spotřeb	85
Graf 41: Porovnání výsledků	86
Graf 42: Průběh vnitřní a vnější teploty	88
Graf 43: Průběh spotřeby tepla a chladu	88
Graf 44: Porovnání výsledků	89
Graf 45: Vnitřní zisky a celková spotřeba tepla	92
Graf 46: Průběh vnitřních zisků měsíčně	92
Graf 47: Průběh měsíční spotřeby tepla	93
Graf 48: Průběh vnitřních zisků v zimním týdnu	93
Graf 49: Průběh spotřeby tepla v zimním týdnu	93
Graf 50: Porovnání výsledků	94
Graf 51: Celkové porovnání numerických výsledků se skutečností	94
Graf 52: Průběh teplot v typickém letním týdnu	95
Graf 53: Profil PMV faktoru	96
Graf 54: Profil PPD faktoru	96

SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1	PRŮKAZ ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY
PŘÍLOHA 2	PROTOKOL VÝPOČTU PRŮKAZU ENERGETICKÉ NÁROČNOSTI BUDOVY